



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學博士 學位論文

Two-point 변조방식의 Class B “CS” AIS 장치 설계 및 구현에 관한 연구

A Study on the Design and Implementation of Class B
“CS” AIS Equipment using Two-point Modulation



指導教授 林 宰 弘

2011年 8月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科

金 鎮 鉉

本 論文을 金鎮鉉의 工學博士
學位論文으로 認准함.

委員長：梁 圭 植 (印)

委 員：李 尙 培 (印)

委 員：金 基 文 (印)

委 員：林 鍾 根 (印)

委 員：林 宰 弘 (印)

2011年 8月

韓國海洋大學校 大學院

목 차

Abbreviation

Abstract

제 1 장 서론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구목적 및 내용	3
제 2 장 디지털 통신	7
2.1 GMSK 변조	7
2.2 Two-point 변조	21
2.3 GMSK 수신기	31
제 3 장 Class B “CS” AIS의 요건 분석	35
3.1 Class B “CS” AIS 장치의 특징	35
3.2 Class B “CS” AIS 장치의 요구사항 분석	38
3.3 Class B “CS” AIS 메시지	45
제 4 장 Class B “CS” AIS 장치의 설계	57
4.1 변복조기 설계	57
4.2 RF 설계	74
4.3 GPS 수신기	76
제 5 장 Class B “CS” AIS 장치의 제작 및 성능 검증	80
5.1 GPS 수신기 제작	80
5.2 송수신 모듈의 제작	83
5.3 HOST 제어기의 제작	95
5.4 Class B “CS” AIS 장치 프로토콜 검증	96
제 6 장 결 론	105
참 고 문 헌	107
부 록	110

표 목차

<표 3-1> Class A와 Class B “CS” AIS 장치 비교	37
<표 3-2> Class B “CS” AIS 장치의 송신기 요구사항	38
<표 3-3> Class B “CS” AIS 장치의 수신기 요구사항	39
<표 3-4> 타이밍의 정의	42
<표 3-5> 시작 버스트의 구성	44
<표 3-6> 메시지 17 : GNSS 방송 이진 메시지	45
<표 3-7> 메시지 18 : 표준 Class B 장비 위치 보고	46
<표 3-8> 메시지 19 : 확장된 Class B 장비 위치 보고	48
<표 3-9> 메시지 22 : 채널관리	50
<표 3-10> 메시지 23 : 그룹할당 명령	52
<표 3-11> 메시지 23 사용을 위한 보고 간격 설정	54
<표 3-12> 메시지 24 : 정적 정보 보고, A파트	55
<표 3-13> 메시지 24 : 정적 정보 보고, B파트	56
<표 4-1> 송신 이벤트	65
<표 4-2> RF 생성기와 관련 CMX7032 핀 할당	71
<표 4-3> LEA-5 GPS 칩셋 사양	78
<표 4-4> GPS 수신 칩셋에서 활용 가능한 프로토콜	79
<표 5-1> GPS 수신기로부터의 NMEA 출력	81

그림 목차

<그림 2-1> QPSK의 I/Q 데이터 스트림	8
<그림 2-2> QPSK	10
<그림 2-3> OQPSK의 I/Q 데이터 스트림	11
<그림 2-4> OPQSK	11
<그림 2-5> MSK	13
<그림 2-6> FM VCO의 FSK 변조를 통한 GMSK 구현	14
<그림 2-7> QPSK를 통한 GMSK 구현	15
<그림 2-8> Gaussian LPF의 임펄스 응답	16
<그림 2-9> 필터를 거친 데이터 스트림의 시작	17
<그림 2-10> 데이터 스트림을 나타내는 개별 모양의 펄스	18
<그림 2-11> $h(t)$ 함수	18
<그림 2-12> $c(t)$ 함수	19
<그림 2-13> I 기저대역 신호	19
<그림 2-14> Q 기저대역 신호	20
<그림 2-15> GMSK 변조 신호 $m(t)$	21
<그림 2-16> 전형적인 PPL	22
<그림 2-17> VCO에 변조 신호 삽입	24
<그림 2-18> VCO 변조 신호 삽입에 따른 신호 흐름도	24
<그림 2-19> VCO 삽입에 대한 고역 통과 변조 응답	26
<그림 2-20> 주 발진기에 변조 삽입	27
<그림 2-21> 주 발진기에 변조 신호 삽입에 따른 신호 흐름도	27
<그림 2-22> 주 발진기 삽입에 따른 저역통과 변조 응답	29
<그림 2-23> 주 발진기와 VCO의 입력에 변조 신호의 동시 인가	29
<그림 2-24> 주 발진기와 VCO 입력에 동시 삽입에 따른 신호 흐름도	30
<그림 2-25> Limit/주파수 판별기의 GMSK 복조기	31
<그림 3-1> 반송과 감지 타이밍	41
<그림 3-2> Class B “CS” AIS 장치의 전력 대 시간 마스크	42
<그림 3-3> 송신 패킷	43
<그림 4-1> CMX7032 블록도	59
<그림 4-2> CMX7032 권장 외부 소자	61

<그림 4-3> C-Bus 처리 타이밍	62
<그림 4-4> 송신 버스트 타이밍	64
<그림 4-5> Rx 버스트 타이밍	66
<그림 4-6> 송신 작업 운용	68
<그림 4-7> 수신 작업 운용	69
<그림 4-8> 단일 채널 RF 발생기 블록도	70
<그림 4-9> RF 발생기의 설계	72
<그림 4-10> Two-point 변조기 설계	74
<그림 4-11> Class B “CS” AIS 장치 RF 블록도	76
<그림 4-12> GPS 수신기 블록도	77
<그림 5-1> 제작된 GPS 수신기	80
<그림 5-2> GPS 수신기로부터의 NMEA 출력 디코딩 결과	82
<그림 5-3> 제작된 송수신 모듈	83
<그림 5-4> 송신 Harmonic 필터 특성	84
<그림 5-5> 종단 증폭기 특성	85
<그림 5-6> GMSK 변조 스펙트럼	86
<그림 5-7> 제작된 시제품의 연속송신에 대한 스퓨리어스 발사	87
<그림 5-8> 수신 LNA 매칭 특성	88
<그림 5-9> 수신 LNA-SAW 필터 특성	89
<그림 5-10> 1st Mixer 스펙트럼	90
<그림 5-11> 수신채널 IF 증폭단	91
<그림 5-12> 국부발진 2의 스펙트럼	92
<그림 5-13> 수신채널 A의 MCF 특성	93
<그림 5-14> 수신단 프리스케일러 필립스 SA58640의 정합 특성	94
<그림 5-15> Atmel 32bit를 이용하여 제작된 CPU 보드	95
<그림 5-16> AIS 성능검증을 위한 실험장치 구성	96
<그림 5-17> ADS를 통한 사용자 정적 정보의 입력	98
<그림 5-18> ADS 메인 화면	99
<그림 5-19> 설계 제작된 각 모듈의 연동 시험	100
<그림 5-20> 메시지 18번 송신 시험	101
<그림 5-21> 메시지 24번 송신 및 수신확인	101
<그림 5-22> 수신 프로토콜 시험	103

Abbreviation

AIS	Automatic Identification System(선박자동식별장치)
AIS-SART	AIS Search and Rescue Transponder(수색구조용 AIS 트랜스 폰더)
ASIC	Application Specific Integrated Circuit(주문형 반도체)
AtoN	Aid to Navigation(항행지원)
BPSK	Binary Phase Shift Keying(2진 위상편이 키잉)
B · T	Bandwidth - Time
CDMA	Code Division Multiple Access(코드분할 다중접속)
CRC	Cyclic Redundancy Check(순환 잉여 검사)
CS	Carrier Sense(반송파 감지)
CSTDMA	Carrier Sense Time Division Multiple Access(반송파 감지 시분할다중접속)
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System(차등 세계 위성항법시스템)
DSC	Digital Selective Calling (디지털 선택 호출)
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System(전자해도 표시 및 정보 시스템)
EIRP	Effective Isotropical Radiated Power(등가등방성 복사전력)
EPFS	Electronic Position Fixing System(전자적 위치 고정 시스템)
FCS	Frame Check Sequence(프레임 검사 시퀀스)
FSK	Frequency Shift Keying(주파수 편이 키잉)
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System (세계해상조난안전제도)

GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying(가우시안 최소 천이 키잉)
GNSS	Global Navigation Satellite System(세계위성항법시스템)
GPS	Global Positioning System(미국의 위성항법시스템)
GSM	Global System for Mobile Communication(유럽형 이동통신 시스템)
HDLC	High Level Data Link Control(고레벨 데이터 링크 제어)
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities(국제항로표지협회)
IEC	International Electrotechnical Commission(국제전기기술위원회)
IMO	International Maritime Organization(국제해사기구)
ISO	International Organization for Standardization(국제표준화기구)
ITDMA	Incremental Time Division Multiple Access(증분형 시분할 다중접속)
ITU-R	International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector(국제전기통신연합 무선통신분야)
LPF	Low Pass Filter(저역 통과 필터)
MMSI	Maritime Mobile Service Identity(해상이동업무용 식별부호)
MSC	Maritime Safety Committee(해사안전위원회)
MSK	Minimum Shift Keying (최소 편이 키잉)
NRZI	Non-Return-to-Zero, Inverted
OQPSK	Offset Quadrature Phase Shift Keying(오프셋 4상 위상편이 키잉)
PLL	Phase-Locked Loop(위상 고정 루프)
PSK	Phase Shift Keying(위상 편이 키잉)

QPSK	Quadrature Phase Shift Keying(4상 위상 편이 키잉)
Radar-SART	Radar Search and Rescue Transponder(수색구조용 레이더 트랜스폰더)
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring(수신기 자동 무결성 감시)
RAMDAC	Random Access Memory Digital to Analog Converter (RAM용 디지털-아날로그 변환기)
RF	Radio Frequency(무선 주파수)
RSSI	Received Signal Strength Indication(수신 전계 강도 표시)
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea (국제해상인명안전조약)
SOTDMA	Self-Organized Time Division Multiple Access(자율구성 시분할 다중접속)
TDMA	Time Division Multiple Access(시분할 다중접속)
TOA	Time of Arrival(도래시간)
UTC	Universal Time Coordinated(협정표준시)
VCO	Voltage Controlled Oscillator(전압 제어 발진기)
VDL	VHF Digital Link(초고주파 디지털 링크)
VDM	VHF Data Link Message(VDL 메시지)
VDO	VHF Data Link Own-vessel Message(VDL 자선 메시지)
VHDL	VHF Hardware Description Language(초고주파 집적회로 하드웨어 기술 언어)
VTs	Vessel Traffic Services System(해상교통관제서비스시스템)

A Study on the Design and Implementation of Class B “CS” AIS Equipment using Two-point Modulation

by Kim, Jin-Hyeon

Department of Electronics and Communication Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

International Maritime Organization has adopted AIS using TDMA technology to protect the collision between vessels. The provision has been approved the availability of frequency resource and the effect of protection against collision as capable of communication between maximum 4,000 radio station even it is used only two restricted frequencies. So far, a lot of applications using AIS technology have being introduced.

AIS performance standards for a vessel have been prepared by IMO MSC74(69) Annex 3 at 2001, June and since even the vessels engaged in coastal and inshore navigation shall also carry on a self-position transmitting device such as Class A and Class B AIS according to the ship safety law as domestic regulation.

Class B “CS” AIS is a representative device to report a vessel position and in near future it will be expanded and come into wide use.

Through this thesis, AIS protocols of CSTDMA method based on ITU-R M.1371-3 has been implemented and Class B type hardware has been designed to install and operate in a small vessel.

In addition, the considering about operation requirements, test methods, required results based on the IEC62287 have been done.

Class B type AIS device using CSTDMA method is capable of cooperation with not only the class A AIS installed in the vessels engaged in international navigation but also inter-operation with an aids to navigation(AtoN) AIS having a lot of communication traffic and be on a rapid growth trend.

According to using an ASIC chip and no necessary to provide a DSC receiver independently, Class B type “CS” AIS device will be most economical AIS device in small vessel and CSTDMA method will be a optimized solutions to share the restricted communication slots



제 1 장 서 론

1.1 연구배경

2000년대 초 국제해사기구(IMO; International Maritime Organization)는 선박 간의 충돌을 방지하기 위하여 시분할 다중접속(TDMA; Time Division Multiple Access) 기술을 이용한 자동식별시스템(AIS; Automatic Identification System)을 선박에 도입하였다. 이것은 제한된 2개의 주파수(161.975 MHz, 162.025 MHz)를 사용하여도 동시에 최대 4,000여 곳의 무선국에서 통신이 가능한 기술로 주파수 자원 사용의 효율성 및 충돌 방지의 효과성까지 입증됨에 따라 최근 AIS 기술을 활용한 다양한 선박통신장비가 개발되고 있다.

이 중, SOTDMA(SOTDMA; Self Organized Time Division Multiple Access) 방식을 사용하는 Class A형 AIS, 즉, 총톤수 300톤 이상의 국제항해에 종사하는 선박에는 국제해사기구에서 해상에서의 안전과 보안 강화를 위해 항행 설비의 설치 기준과, 항해의 안전에 관한 조치 등이 규정되어 있는 국제해상인명안전조약(SOLAS; International Convention for the Safety of Life at Sea)의 제V장을 개정하였는데, 이 규정은 전 세계적으로 국제항해에 취항하는 모든 여객선 및 총톤수 300톤 이상의 화물선에 2002년 7월 1일부터 설치하도록 강제화하는 규정으로 제73차 해사안전위원회(MSC; Maritime Safety Committee 73 2000.12)에서 AIS 탑재의무가 채택 되었다.

그 후, 2001년 6월의 MSC74(69) ANNEX 3에 의해 선박의 AIS 성능 기준이 마련되었고, 연근해만을 운항하는 선박도 국내법인 선박안전법에서 규정하고 있는 자기위치발신장치 탑재의무 규정에 따라 많은 선박에 Class B형 AIS 장치의 탑재가 확대 보급되고 있다.

또한, 최근에 국제항로표지협회(IALA; International Association of Marine

Aids to Navigation and Lighthouse Authorities)에서 지원하는 e-Navigation의 정의에서처럼 “해상에서의 안전과 보안, 해상 환경보호를 위해 항해와 관련된 서비스를 강화하도록 해상이나 육상에서 전자적인 수단에 의해 해상 정보를 수집, 통합, 표현하는 수단”의 하나로 항행지원용(AtoN; Aid to Navigation) AIS가 채택되었다[1].

AtoN AIS 기반의 집약관리시스템은 주요 항행지원 정보와 기상해양환경 정보 등을 연안을 운항하는 선박에 직접 전달할 수 있고, IALA의 표준화 메시지 규약인 장비간의 호환이 쉬운 장점을 가지고 있어, 해양 및 기상 환경정보까지 매우 많은 양의 자료를 취득하여 선박의 안전운항과 효율적인 항만관리를 이룰 수 있다.

그 밖에도, 세계해상조난안전제도(GMDSS; Global Maritime Distress and Safety System)시스템의 구성요소 중 하나로 레이더를 이용하는 수색구조용 레이더 트랜스폰더(Radar-SART; Radar Search and Rescue Transponder)가 탑재되어 있는 선박에서 레이더의 신호(9 GHz X-band)를 수신할 경우, 이에 대한 조난신호 응답으로서 레이더 화면상에 일련의 도트 패턴 모양의 특수 이미지 영상이 뿌려 질 수 있도록 신호를 송신하던 것을, AIS 기술을 이용하여 초고주파(VHF; Very High Frequency) 대역의 디지털 통신으로, 앞서 Radar-SART가 가지고 있던 레이더 화면을 지속적으로 모니터링 하여 조난의 위치를 관찰 주시해야 하며, 해양의 연무, 파고 또는 악천후와 같은 기후 조건에 따라 신호의 수신에 부정확한 레이더 신호를 수신해야 한다는 기본 전제조건인 제약 사항들을 모두 극복하였다.

따라서, 이 시스템은 선명, 호출부호, 안전 정보 및 세계항행위성시스템(GNSS; Global Navigation Satellite System) 모듈을 내장하여 현재 정확한 자신의 조난 위치까지 포함한 정보를 주변을 운항하는 선박 및 가까운 해안국에 조난 및 긴급 정보를 전달할 수 있도록 하는 차세대 수색구조용 AIS-SART(AIS-Search and Rescue Transponder)가 사용되고 있다[2],[3].

본 논문에서는 국제전기통신연합 ITU-R(International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector M.1371-3)을 기반으로 하는 AIS 기술 중

부속서 7의 반송파 감지 시분할 다중접속(CSTDMA; Carrier Sense Time Division Multiple Access) 방식의 AIS의 프로토콜을 구현하고, 소형선박에서도 쉽게 설치하고 운용할 수 있도록, Class B 형태의 하드웨어를 설계하였다. 참고 규격으로 2005년 3월 제정된 국제전기기술위원회(IEC; International Electrotechnical Commission 62287)의 규정을 토대로 동작요건, 시험방법 및 요구되는 결과에 대하여 검토되었다[4].

따라서, CSTDMA 방식을 사용하는 Class B형 AIS장치는 국내 연근해를 항행하는 소형선박에 탑재하여도 Class A형 AIS장치를 탑재한 국제항해에 종사하는 선박의 통신에 방해를 초래하지 않고 상호 호환될 수 있다. 또한, 최근 급속도로 증가 추세에 있는 항로표지용 AIS의 통신과도 상호 충돌하지 않는 방안이 될 것이며, 주문형 반도체(ASIC; Application Specific Integrated Circuit)화된 칩과 디지털선택호출(DSC; Digital Selective Calling) 수신기를 독립적으로 제공하지 않아도 됨에 따라 소형선에 있어서 가장 경제적인 AIS 장치가 될 것이다.

CSTDMA 방식은 최근 급속도로 보급되고 있는 선박용 AIS와 AtoN AIS 등의 통신량을 감안할 때, 제한된 통신슬롯을 공유할 수 있는 최적의 방안이 될 것이다.

1.2 연구목적 및 내용

선박의 자기위치발신장치는 AIS를 비롯 코드분할다중접속(CDMA; Code Division Multiple Access) 무선전화, 일정 주파수를 다수의 이용자가 공동으로 사용할 수 있는 이동전화인 주파수공용무선전화, 초단파 DSC, 중단파 DSC, 위성 통신을 통한 데이터 통신 방식이 사용될 수 있다[5]. 국제항해에 종사하는 총톤수 300톤 이상의 선박은 해상에서의 선박의 안전에 관한 국제협정에 따라 GMDSS 설비인 Inmarsat-C, 초단파 DSC 송수신장치, 중단파 DSC 송수신장치와 항해설비

등은 Class A형 AIS 송수신장치 및 선박보안경보장치와 원거리 식별추적장치로서 위성통신 장치가 탑재됨에 따라 별도의 자기위치발신장치가 요구되지는 않는다. 그리고 이들 장치는 GPS(Global Position System)로 대표되는 위성항법장치와 직·간접적으로 연결되어 위치 및 시간정보를 획득하고 이를 송신 메시지에 포함한다.

그러나, 연근해를 항해하는 어선을 포함하는 대다수의 소형 선박은 이러한 국제협약의 적용을 받지 않는다. 현재, 이러한 선박의 대다수를 차지하는 소형선은 선박안전법의 규정에 따라 총톤수 5톤 이상의 어선을 포함하는 대다수에 탑재의무가 적용되기 때문에 이러한 선박까지 점진적으로 자기위치발신장치를 갖추게 함으로써 해양안전종합정보시스템을 통해 전 세계에 운항중인 선박을 실시간 모니터링하고 해양안전 정보 공유망을 통하여 해양재난발생시 신속한 대응과 피해 최소화에 기여할 수 있다[6].

한국전기통신협회 표준안(2010-1060-1)에 따르면 Class B형 AIS를 구현하는 방법에는 SOTDMA 방식을 사용하거나 CSTDMA 방식을 사용할 수 있도록 규정하고 있으나, 우리나라와 같이 AIS가 다양한 형태로 집중적인 보급 형태를 나타낼 때에는 통신슬롯의 부족, 데이터의 충돌과 같은 통신 폭주현상을 예상할 수 있고, 이 때에는 어선과 같은 소형선의 Class B 선박에는 CSTDMA방식으로 사용하는 것이 최선의 방안으로 파악된다[7].

본 논문에서는 CSTDMA방식을 사용하는 Class B AIS의 국내·외 기술기준에서 정한 요구조건에 충족한 장치를 설계 및 구현하였으며, 실제 제작된 CSTDMA방식의 Class B AIS장치를 통해 시험 운영하여 그 시험결과를 검증하였다.

본 논문의 구성은 각각 다음과 같다. 제1장에서 연구배경 및 목적에 대하여 기술하였고, 제2장에서는 AIS에서 사용하는 변조 방식인 GMSK(Gaussian Minimum Shift Keying)에 대한 설명을 위해 PSK(Phase Shift Keying), QPSK(Quadrature Phase Shift Keying), OQPSK(Offset Quadrature Phase Shift

Keying), MSK(Minimum Shift Keying)에 대한 간략한 설명과 이를 통해 도출된 과정을 설명하였고, GMSK를 구현하는 방법에 대해 알아보았다. 또한, GMSK 변조 방식 중에서 고주파 주파수 응답과 저주파 주파수 응답에 대해 일정한 변조 특성을 유지할 수 있도록 PLL(Phase Locked Loop)의 Two-point 지점에 변조 신호를 인가하는 Two-point 변조 방식을 채택하였고, 변조신호의 인가 지점 각각에 대한 주파수 응답을 수식적으로 해석해 보았다.

제3장에서는 Class B “CS” AIS 장치에 대한 국제규정으로 2010년 4월 개정된 ITU-R M.1371-4의 부속서 7을 기반으로 Class A와 Class B “CS” AIS 장치를 비교 분석하였고, Class B “CS” AIS 장치의 프로토콜 중에서 물리계층 및 데이터링크 계층에서의 요건에 대한 해설, Class B “CS” AIS 장치에 사용되는 메시지 프로토콜에 대해 정의하였다. 메시지 프로토콜은 해당 장비가 송신하는 메시지와 함께 기지국에서 제어될 때 수신될 수 있는 메시지를 포함시켰다.

제4장에서는 본 연구에서 선택한 Class B “CS” AIS 장치의 설계에서 가장 경제적이고 효과적인 방법으로 CML7032 칩을 이용하여 설계하는 과정을 설명하였다. CMX7032에 내장된 GMSK 변조, NRZI(Non-Return-to-Zero, Inverted) 부호화, VHDL(VHSIC Hardware Description Language) 처리과정과 외부에서 C-bus 인터페이스를 통해 제어하는 방법이 설명되었다.

제5장에서는 설계 및 제작된 Class B “CS” AIS 장치에 대한 다양한 RF(Radio Frequency) 특성과 AIS 프로토콜에 대한 연동시험을 실행하고 그 결과를 도출하였다.

RF 특성 시험에서는 제2장에서 설명된 내용과 같이 Two-point 변조 방식에 따라 주파수 응답에 대한 특성을 계측기를 통해 확인하고, 특히 이 시험에는 VCO(Voltage Controlled Oscillator) 및 종단 증폭부에서의 특성 등을 포함시켰다.

프로토콜 부분에서는 Class B “CS” AIS 장치가 기본적으로 발생하는 메시지 18번

(표준 Class B 장비 위치 보고)과 19번(확장된 Class B 장비 위치 보고)이 주변의 AIS 통화 트래픽에 대한 많은 부하가 걸린 상태에서 슬롯을 할당하고, 기본 주변장치가 슬롯이 중복되지 않는지 확인하는 과정 및 메시지에 대한 수신과 복호과정 등의 내용을 구명하였다.

제6장에서는 결론으로, 본 논문에서 설계 제작한 Class B “CS” AIS 장치에 대해 측정 결과 및 데이터를 분석한 결과와 현재의 국내·외 기술기준 외에 부가적으로 추가할 측정 항목과 개선하여야 할 점, 그리고, 향후 Class B “CS” AIS 시스템에 대한 추가적인 연구 과제에 대해 제안하였다.



제 2 장 디지털 통신

2.1 GMSK 변조

본 장에서는 좀 더 간단한 구조를 통해 GMSK의 논리적 개발을 보여주는 디지털 변조에 대하여 간략하게 기술한다. 특히, GMSK는 AIS뿐 아니라 유럽형 이동통신 시스템(GSM; Global System for Mobile Communication)에서도 사용되기 때문에 공통 관심사항이 될 것이다.

아래 내용에서 각각의 디지털 변조는 데이터 bit를 포함하여 반송파 주기와 사이에 위상과 진폭 관계가 수행될 전체 필드의 정밀한 모델링이 가능하도록 개발되었다. AIS의 구현에서 채택된 GMSK는 최종적으로 MSK에서 유도되었고, MSK는 또한 OQPSK에서 유도되었으며, OQPSK는 QPSK의 단점을 보완하기 위해 개발된 변조방식이고, QPSK의 개발에는 가장 원초적인 PSK의 기본 이론에서부터 시작된다.

2.1.1 PSK(Phase Shift Keying)

2진 PSK의 경우

$$“0” \text{ 을 나타낼 때, } S_0(t) = A \cos(\omega t) \quad (2-1)$$

$$“1” \text{ 을 나타낼 때, } S_1(t) = A \cos(\omega t + \pi) \quad (2-2)$$

M차 PSK의 경우 M개의 다른 위상이 요구되고, 2진 bit 스트림의 각 n bit는 다음과 같이 송신될 하나의 신호로서 부호화된다.

$$A \sin(\omega t + \theta_j) \quad j=1, \dots, M \quad (2-3)$$

2.1.2 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)

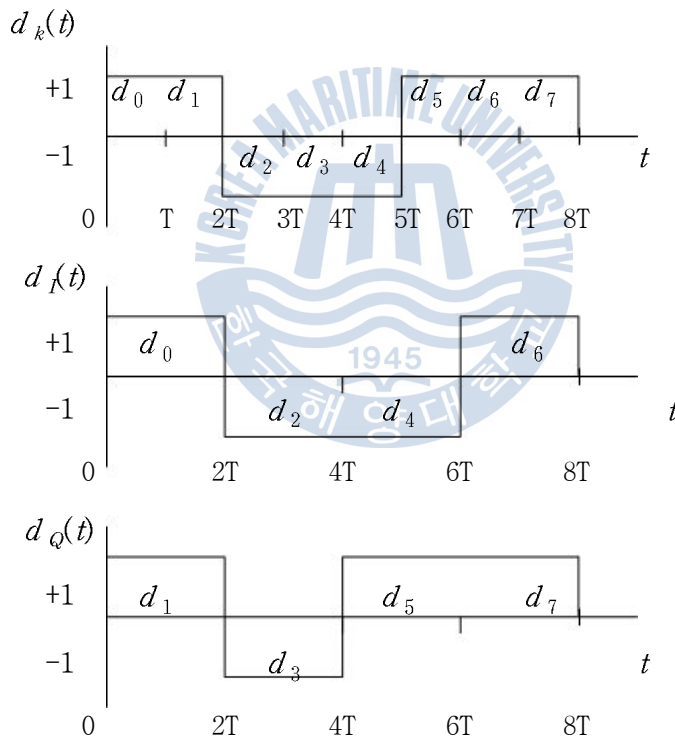
4개의 신호를 정의한다면 위상 천이 차의 각각은 90° 로 4상 PSK를 얻을 수 있게 된다.

입력 2진 bit 스트림 d_k , $d_k=0, 1, 2, \dots$ 가 $1/T$ bits/sec 비율로 변조기 입력단에 도착하고 상대적으로 Odd와 Even bit를 포함하는 $d_I(t)$ 와 $d_Q(t)$ 의 두 가지 데이터 스트림으로 분리된다.

$$d_I(t) = d_0, d_2, d_4, \dots \quad (2-4)$$

$$d_Q(t) = d_1, d_3, d_5, \dots \quad (2-5)$$

<그림 2-1>은 수식(2-4)와 (2-5)의 내용을 도식화 한 것으로, $d_k(t)$ 의 신호가 I 신호와 Q 데이터 스트림으로 나누어지는 것을 보여주고 있다.



<그림 2-1> QPSK의 I/Q 데이터 스트림

<Fig 2-1> I & Q Data Stream of QPSK

QPSK 파형의 간편한 직교 재현 $S(t)$ 는 다음과 같이 반송파의 cosine 과 sine 함수로 동 위상에 4개의 데이터를 진폭변조를 통해 달성할 수 있다.

$$S(t) = 1/\sqrt{2} d_I(t) \cos(2\pi ft + \pi/4) + 1/\sqrt{2} d_Q(t) \sin(2\pi ft + \pi/4) \quad (2-6)$$

삼각함수를 사용하여 다음과 같이 씌여질 수도 있다.

$$S(t) = A \cos(2\pi ft + \pi/4 + \Theta(t)) \quad (2-7)$$

펄스 스트림 $d_I(t)$ 는 ± 1 의 진폭을 가진 cosine 함수를 변조한다. 이것은 cosine 함수의 위상을 0 또는 π 만큼 천이 시킨 것과 동일하다. 결과적으로 BPSK 파형을 생성하게 된다. 이와 유사하게 $d_Q(t)$ 는 cosine 함수에 직교하는 BPSK 파형을 나타내는 sine 함수를 변조한다.

이러한 두 개의 직교하는 파형의 합이 QPSK 파형이다.

$\Theta(t) = 0, -(\pi/2), \pi/2, \pi$ 의 값은 $a_I(t)$ 와 $a_Q(t)$ 의 4가지 가능한 조합을 표현한다. 반송파의 4가지 가능한 위상 각각은 2 bits 데이터를 나타낼 수 있으므로 심볼당 2 bits가 된다.

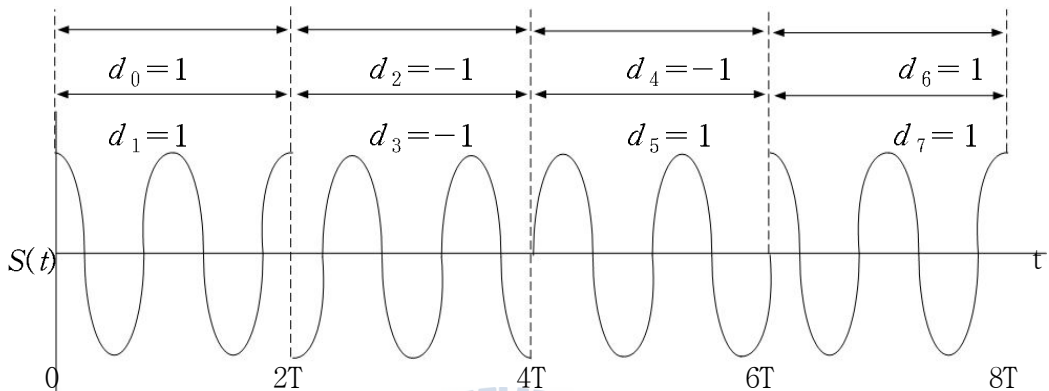
QPSK의 보오율이 전송율의 반이기 때문에 BPSK(Binary Phase Shift Keying)에 비해 2배의 데이터가 동일 채널 대역폭으로 전송될 수 있다. 이것은 I와 Q 신호가 서로 상호간에 직교하기 때문에 가능하고 상호간에 간섭없이 송신될 수 있다.

QPSK에서 반송파의 위상은 매 $2T$ sec에 한 번씩 변경할 수 있다. 처음 하나의 T 간격에서 다음까지 bit 스트림에서 부호 변화가 없다면, 반송파 위상은 변화되지 않은 상태를 유지한다.

$a_I(t)$ 와 $a_Q(t)$ 의 한 성분이 부호를 바꾼다면 $\pi/2$ 의 위상 변화가 발생한다. 그러나, 두 성분이 함께 부호를 바꾼다면 π 의 위상변화가 발생하게 된다.

QPSK 변조된 신호가 스펙트럼 상의 측파대를 줄이기 위해 필터링을 제공한다면

결과의 파형은 더 이상 일정한 포락선을 가지지 않을 것이다. 실제 경우에 따라 위상에 있어서 180° 천이는 포락선이 순간적으로 “0” 으로 가는 것을 유발할 것이다.



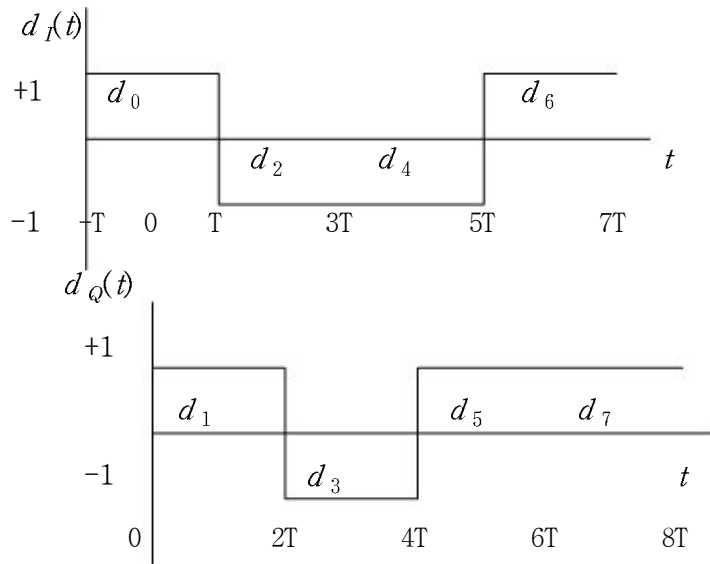
<그림 2-2> QPSK

<Fig 2-2> QPSK

상기 <그림 2-2>는 앞 선 <그림 2-1>에서 구해진 I와 Q의 데이터 스트림을 바탕으로 0~2T 구간과 2T~4T구간에서 각 성분간의 부호가 동일한 반면, 4T~6T 구간과 6T~8T 구간은 각성분의 부호가 상이함에 따라 $\pi/2$ 의 위상변화가 있음을 알 수 있다.

2.1.3 OQPSK(Offset Quadrature Phase Shift Keying)

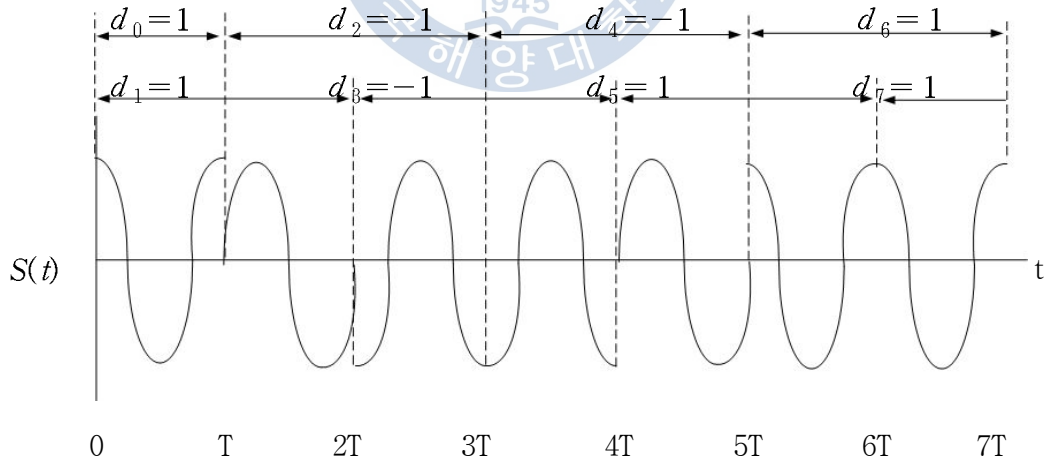
2개의 bit 스트림 I와 Q가 1/2 간격으로 읍셋을 준다면 위상이 절대 180° 까지 변화하지 않기 때문에 진폭의 변동이 최소화된다. 이러한 변조 구조인 OQPSK는 QPSK에서 Odd bit 스트림을 Even bit 스트림에 비해 상대적으로 1/2 bit 간격을 지연함으로써 얻어질 수 있다.



<그림 2-3> OQPSK의 I/Q 데이터 스트림

<Fig 2-3> I & Q Data stream of OQPSK

상기 <그림 2-3>은 진폭의 변동을 최소화하기 위해 $d_I(t)$ 신호가 $d_Q(t)$ 신호에 대비 $-1/2$ 옵셋을 제공함을 보여주고 있다.



<그림 2-4> OQPSK

<Fig 2-4> OQPSK

따라서, <그림 2-4>와 같이 위상 천이의 범위는 $0\sim 90^\circ$ 이고(180° 위상 천이의 가능성이 제거), 같은 위상이 자주 발생하게 되지만 QPSK 빈도의 반에 해당된다.

진폭의 변화가 송수신기에서 계속 발생할 지라도 이는 작은 크기를 가지게 된다. OQPSK와 QPSK의 bit 오류율은 BPSK와 동일하다.

OQPSK 신호에 대역 제한이 가해질 때, 결과로서 심볼 상호간 간섭의 하나로 $\pm 90^\circ$ 위상 천이 영역에서 포락선이 살짝 수그러지게 된다. 그러나, 180° 위상 천이는 OQPSK에서 피해왔기 때문에 포락선이 QPSK에서 처럼 절대 “0”으로 가지는 않는다.

2.1.4 MSK(Minimum Shift Keying)

앞에서 다룬 것처럼 OQPSK는 QPSK에서 Q 데이터 스트림을 I 데이터 스트림에 상대적으로 1 bit 또는 T초 지연시킴으로서 구할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 지연은 오류나 대역폭에 다른 영향을 미치지 않는다.

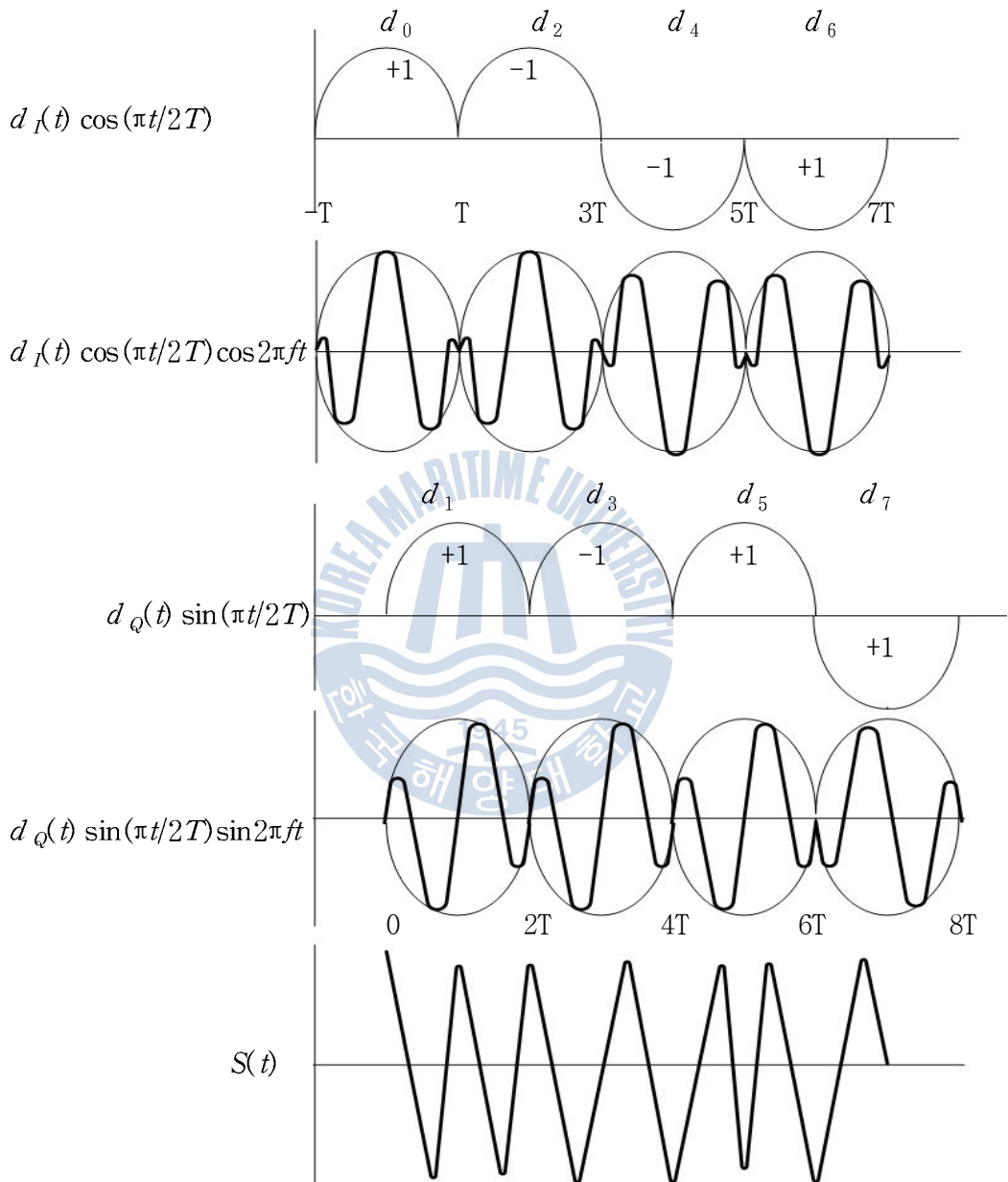
MSK는 OQPSK에서 진폭에서 직사각형 펄스를 반 주기 정현파 펄스로 대체함으로써 유도된다.

MSK 신호는 다음과 같이 정의된다.

$$S(t) = d(t) \cos(\pi t/2T) \cos 2\pi f t + d(t) \sin(\pi t/2T) \sin 2\pi f t \quad (2-8)$$

MSK 변조는 bit 간격 T에서 위상을 선형 그리고 $\pm(\pi/2)$ 로 제한시킨다. 이는 MSK가 선형 위상변화의 효과 때문에 인접 채널 간섭을 제어할 수 있도록 도움을 주는 전력선 밀도가 낮은 측파대를 가지는 것과 같이 QPSK 이상의 중요한 개선을 할 수 있게 한다. 그러나 주 스펙트럼은 4상 천이 방식보다 더 넓게 된다.

<그림 2-5>는 수식 (2-8)에 따른 각 성분의 파형을 도식화 하였고, 이의 합에 해당하는 $S(t)$ 신호의 파형을 예상해 볼 수 있게 한다.



<그림 2-5> MSK

<Fig 2-5> MSK

2.1.5 GMSK(Gaussian Minimum Shift Keying)

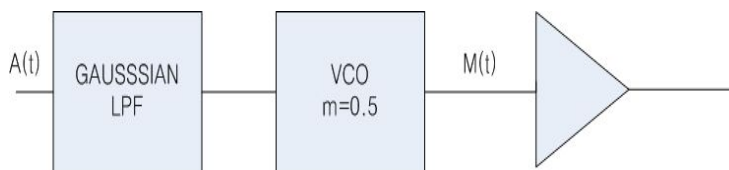
MSK에서 직사각형 펄스를 정현파 펄스로 바꾼 바 있다. 그리고, 분명히 다른 모양도 가능하다. 가우시안 모양의 임펄스 응답 필터는 직사각형 펄스보다 낮은 측파대와 좁은 주 스펙트럼을 가진 신호를 생성한다.

변조지수가 0.5인 이진 디지털 주파수 변조인 MSK는 정진폭 특성 및 비교적 좁은 대역폭을 갖는다. 그러나 MSK 변조된 신호의 위상은 연속적으로 변하지만 bit 천이 시간에서 주파수는 불연속적인 값을 갖는다. 이와 같은 주파수의 불연속성은 변조기의 전력 스펙트럼을 확산시키므로 기저대역에서 코딩 및 필터를 통과시킴으로써, bit 천이 시간에 발생하는 주파수의 불연속성을 감소시키는 방안이 강구되는데, 특히, Gaussian 저역 필터를 사용하여 위상이 연속적이고, bit 천이 시간에도 주파수가 연속적으로 변화하게 한 것이 GMSK이다[8].

이론적으로 필터는 입력 이전에 출력을 가지기 때문에 지연과 모양에서 가우시안 형태를 가진 뾰족한 임펄스 응답에 의해 근사화 시킬 수 있다.

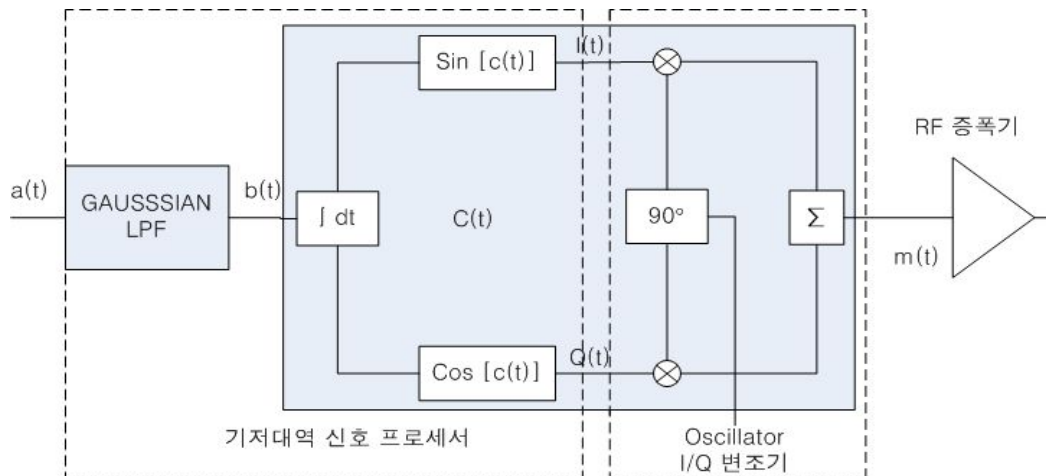
사전 필터 대역폭 B 와 bit 주기 T 사이의 관계는 시스템의 대역폭을 결정한다. GSM 설계자들은 270.8 kbits의 채널 데이터 전송율로 $B \cdot T = 0.3$ 을 사용한다. 협대역 필터는 심볼 상호간의 간섭을 증가시키고, 신호의 강도를 줄이기 때문에 bit 오류율과 대역외 간섭 사이에 절충안이 요구된다.

GMSK를 생성하는 방법에는 두 가지가 있다. 그중 하나는 FSK(Frequency Shift Keying) 변조 방식이고, 다른 하나는 QPSK 변조 방식이다.



<그림 2-6> FM VCO의 FSK 변조를 통한 GMSK 구현

<Fig 2-6> GMSK implementation using FSK modulation of FM VCO



<그림 2-7> QPSK를 사용한 GMSK 구현

<Fig 2-7> GMSK implementation using QPSK

<그림 2-6>에서 보여지는 것처럼 GMSK VCO 변조기 구조는 간단하지만 소재의 허용오차 문제로 인해 공통방식의 복조에는 적합하지 않다. 이 방법은 VCO의 주파수 편이가 정확히 0.5가 되는 것이 요구되지만, 송신기를 바탕으로 하는 일반적인 VCO의 변조도는 시간과 온도에 따라 변화가 발생한다.

QPSK를 통한 구현방식에는 4상 변조기에 따르는 4상 기저대역 프로세서의 채택이다. <그림 2-7>이 QPSK를 사용한 GMSK 구현방식을 나타내고 있고, 이 방식으로 구현하게 되면 변조도는 정확히 0.5를 유지할 수 있다. 이 방식의 구현 또한 경제적인 방식이 될 수 있다.

두 가지 방식 모두 GMSK 변조 신호를 유도해 낼 수 있다.

Gaussian LPF(Low Pass Filter)는 다음 방정식에 의해 주어진 것과 같이 임펄스 응답을 가진다.

$$g(t) = \frac{1}{2T} [Q(2\pi B_b \frac{t-T/2}{\sqrt{\ln 2}}) - Q(2\pi B_b \frac{t+T/2}{\sqrt{\ln 2}})] \quad (2-9)$$

여기서 $0 \leq B_b T \leq \infty$

$Q(t)$ 는 Q 함수로

$$Q(t) = \int_t \frac{1}{\sqrt{2}} \exp(-x^2/2) dx \quad (2-10)$$

B_b 는 Gaussian 모양의 스펙트럼을 가지는 저역통과필터의 대역폭이고 T 는 bit 주기이며, $BN=B_bT$ 가 일반적인 대역폭이다.

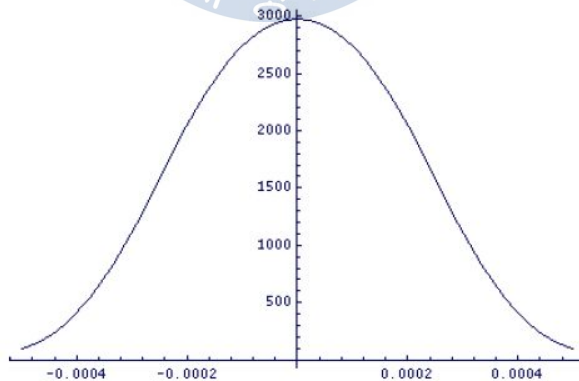
이를 검증하기 위해 대역폭 $B_b=1,000$ 이고 $T=1/2,000$ 인 비트율을 가진 필터를 살펴보면, 일반화된 대역폭은 $BN=B_bT=0.5$ 가 된다.

Gaussian LPF의 임펄스 응답은 B_N 값에 따라서 끝이 잘린 형태나 단계적으로 증가, 감소하는 형태를 취한다. 필터를 통과하는 단일 1의 효과는 $\pi/2$ 의 위상 변화를 확인할 수 있다.

B_N 이 0.5인 경우, 필터 응답은 2 bits 주기, $-T$ 에서 T 까지 “0” 주변으로 대칭적으로 끝이 잘린 형태를 취하게 된다.

단일 1에 대한 필터 응답이 $\pi/2$ 의 위상 변화임을 확인하는 것은 다음 식을 만족하기 위한 상수 K 를 선택하는 것과 동일하다.

$$\int_{-T}^T Kg(t) = \pi/2 \quad (2-11)$$



<그림 2-8> Gaussian LPF의 임펄스 응답

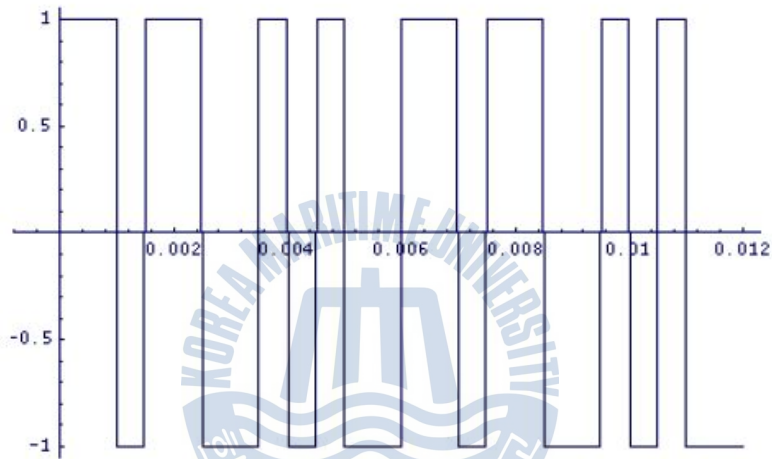
<Fig 2-8> Impulse response of Gaussian LPF

<그림 2-8>은 B_N 이 0.5일 때, 2 bits 주기, 즉, $-T \sim +T$ 구간에 대해 필터 응답이 양 끝은 중단되고 “0” 부근에서는 좌우대칭이 됨을 보여준다.

변조를 검증하기 위해 다음의 임의적으로 선택된 2진 데이터 스트림을 사용하였다. (다음 데이터 스트림은 12 bits씩을 반복한다.)

{1,1,-1,1,1,-1,-1,1,-1,1,-1,-1,1,1,-1,1,1,-1,-1,1,-1,1,-1, }

이러한 데이터 스트림의 시작은 <그림 2-9>와 같이 표현될 수 있다.

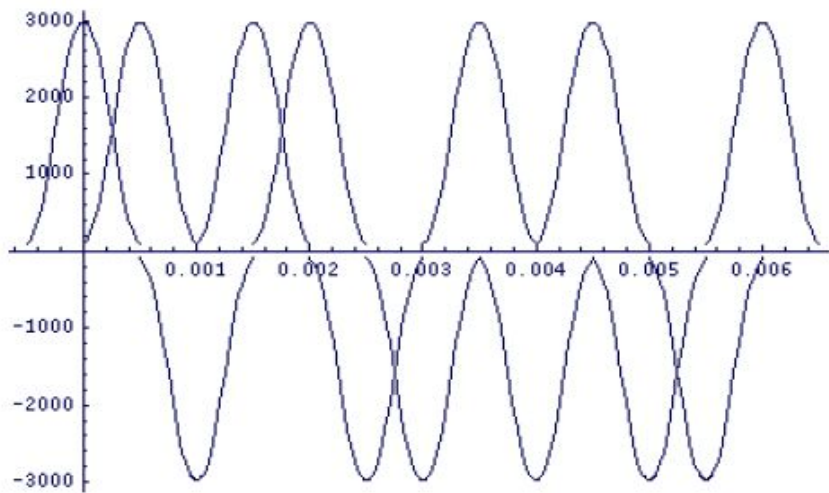


<그림 2-9> 필터를 거친 데이터 스트림의 시작

<Fig 2-9> The start of data stream through the filter

데이터가 필터를 통과함에 따라 모양이 갖추어지고 어떤 한 순간에 1 bit 이상의 데이터가 필터를 통과하기 때문에 심볼 상호간의 간섭이 야기된다. B_N 이 0.5인 경우, bits가 2 bits 주기에 걸쳐 펼쳐지기 때문에, 두 번째 bit는, 첫 번째 bit의 반이 통과할 때 입력되고, 세 번째는, 첫 번째 bit가 빠져나갈 때 입력된다.

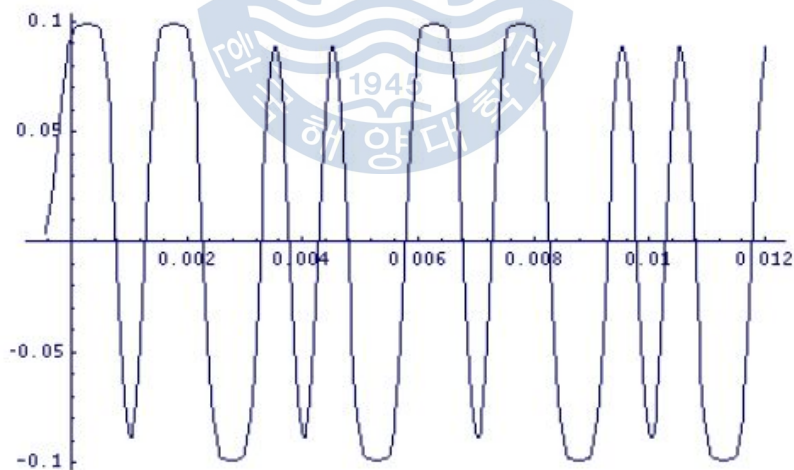
<그림 2-9>에서의 데이터는 필터를 거칠 때 약 2bits에 걸쳐 <그림 2-10>에 서와 같이 처음 몇 가지의 Gaussian 모양의 펄스가 나타난다.



<그림 2-10> 데이터 스트림을 나타내는 개별 모양의 펄스

<Fig 2-10> Individual shapes of pulse indicated to data stream

이러한 개별 모양의 펄스들은 함께 합쳐져서 <그림 2-11>과 같이 표현되는 함수를 제공하게 된다. 이것이 $b(t)$ 로 정의된 함수이다.

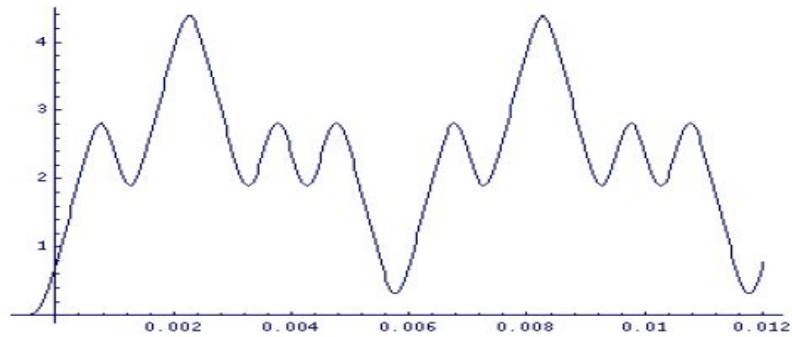


<그림 2-11> $b(t)$ 함수

<Fig 2-11> $b(t)$ function

$b(t)$ 함수는 시간 축면에서 t 에서 ∞ 까지 적분되어 <그림 2-12>에서 보여지는

것과 같이 함수 $c(t)$ 를 제공한다. 함수 $c(t)$ 는 <그림 2-12>와 같이 나타난다.



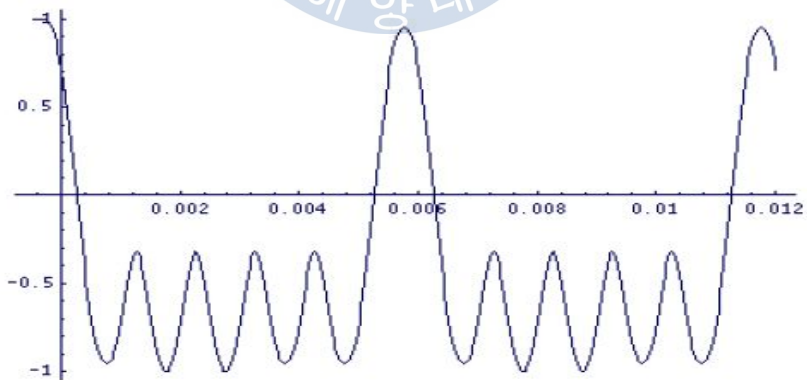
<그림 2-12> $c(t)$ 함수

<Fig 2-12> $c(t)$ function

함수 $c(t)$ 를 가진다면 sine과 cosine 함수를 적용하여 I와 Q의 기저대역 신호를 만들게 된다. $c(t)$ 에 cosine함수를 적용한 I 기저대역 신호 $I(t)$ 는

$$I(t) = \cos[c(t)] \quad (2-12)$$

위 식(2-12)의 함수 $I(t)$ 는 <그림 2-13>과 같이 나타난다.



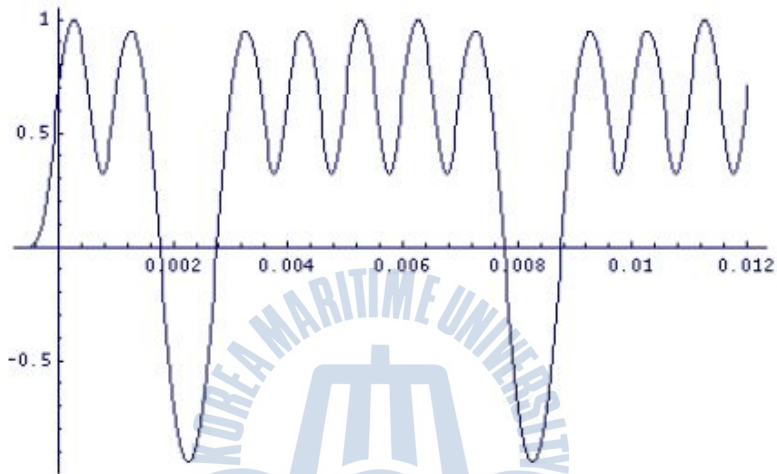
<그림 2-13> I 기저대역 신호

<Fig 2-13> I baseband signal

$c(t)$ 에 sine함수를 적용한 Q 기저대역 신호 $Q(t)$ 는

$$Q(t) = \sin[c(t)] \quad (2-13)$$

위식(2-13)의 함수 $Q(t)$ 는 <그림 2-14>와 같이 나타난다.



<그림 2-14> Q 기저대역 신호

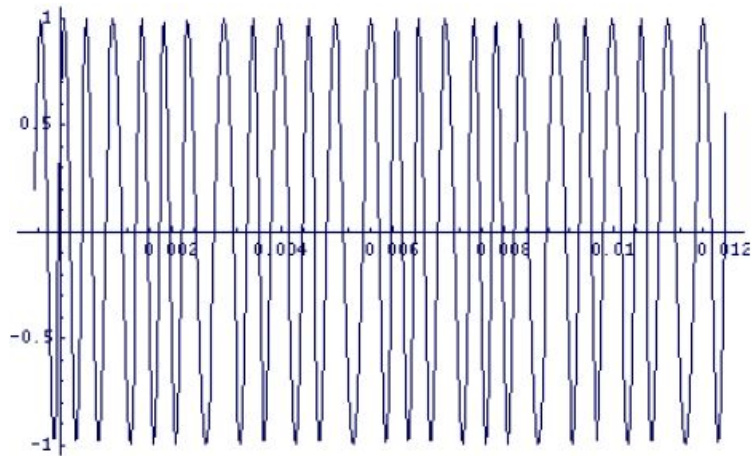
<Fig. 2-14> Q baseband signal

두 함수 $I(t)$, $Q(t)$ 는 I/Q 변조기를 통과하게 되고 출력신호 $m(t)$ 를 만들어내며 이를 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

$$m(t) = \sin(2\pi f_c t)I(t) + \cos(2\pi f_c t)Q(t) \quad (2-14)$$

여기서 f_c 는 오실레이터로서 사용된 반송파 주파수에 해당된다.

GMSK 신호 $m(t)$ <그림 2-15>와 같이 도식화된다.



<그림 2-15> GMSK 변조 신호 $m(t)$

<Fig 2-15> GMSK modulated signal $m(t)$

2.2 Two-point 변조

PLL 주파수 생성기는 효과적인 GMSK 변조기를 설계할 때, 고유의 문제점을 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 이 문제점은 “0” 이나 하나 이상의 긴 문자열로 구성된 데이터 패턴에 DC까지 확장되는 스펙트럼 응답을 가진다는 것이다. 대부분의 주파수 발생기는 VCO에서 변조될 때, 고유의 고역통과 필터 특성으로 인해 이처럼 낮은 주파수 신호에 응답하지 않는다. Two-point 변조 기술은 Gaussian 필터 신호를 한 부분은 VCO 변조 입력으로 보내고, 다른 한 부분은 PLL의 주 발진기의 보냄으로서 신호를 나누어 이러한 문제를 회피해 나간다. 주 발진기가 주파수 제어 회귀 루프에 포함되지 않기 때문에 신호의 저주파 신호에 의해 변조될 수 있다.

이 점에서 변조는 VCO의 변조와 조합되어 DC 아래까지 확장되는 스펙트럼 응답을 가진 합성 신호로 생성하게 된다.

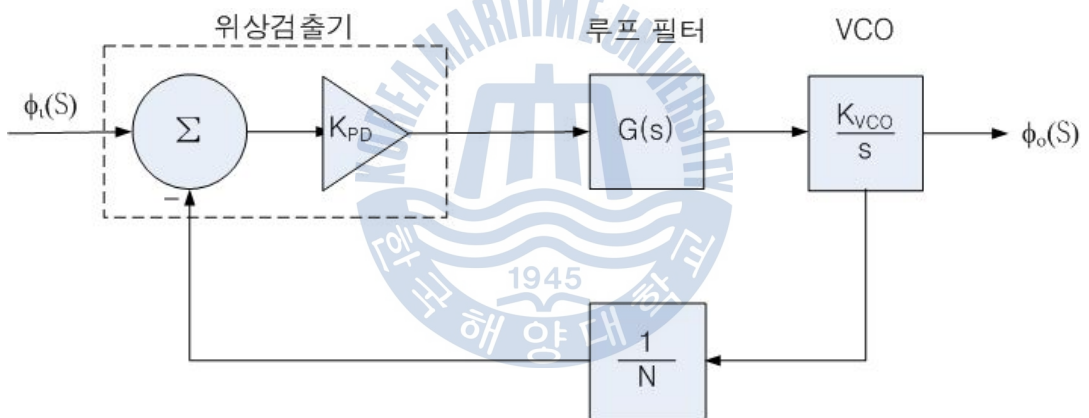
따라서 Two-Point 변조 기술은 루프 대역폭과 관계없이 필수적인 일정한 변조

감도를 갖게 된다. 변조에서 약간의 효과를 가지고 있는 루프 대역폭은 증가되는 스위칭 속도에 대응하기 위한 광대역 루프 대역폭과 같이 다른 요건에서 사용될 수는 있다.

간략하게 설명해서 Two-Point 변조 기술은 DC까지 확장되는 변조 주파수 응답이 요구되는 시스템의 필요성을 제공하는 효과적인 방법이 된다[9].

2.2.1 PLL(Phase Locked Loop)

<그림 2-16>과 같이 PLL은 주파수 생성기의 전형적인 플랫폼이다. 이는 한 신호의 위상이 다른 신호의 위상을 정밀하게 추적하게 하기 위한 목적이다. 위상 검출기는 입력 신호의 위상과 분할된 VCO 출력 신호의 위상과 비교하고 위상차를 오류 전압 신호로 변환한다.



<그림 2-16> 전형적인 PLL
<Fig 2-16> Typical PLL

다음 이 신호는 루프 필터에 인가되고 필터된 출력 신호는 VCO를 변조하도록 사용된다.

PLL이 고정될 때, VCO의 출력은 입력신호에 위상이 고정되고 입력신호 위상에서 변화는 VCO 출력에서 전개된다. PLL은 시스템 설계 목적에 따라 다양한 방법으로 설계될 수 있다. 위상 검출기 이득, 루프 필터 응답, VCO 이득은 주어진

응용방법에 따라 독립적으로 설정될 수 있다. 대부분의 응용에서 변조기 주파수 응답에 대해 엄격하게 요구하고 있지는 않지만, GMSK나 4상 위상변조와 같은 데이터를 원점으로 하는 특정 구조에서는 고품질과 저주파 응답이 요구된다. 변조 신호의 주파수 성분은 송신될 데이터 열의 패턴에 의해 결정된다. 데이터 신호 고유의 다양한 특성으로 인해 최적의 데이터 전송을 위해서는 고주파 및 저주파 성분 모두에 대해 훌륭한 주파수 응답이 요구된다.

변조는 PLL 내에서 VCO 입력과 주 발진기와 같이 서로 다른 점으로 인가될 수 있다. 변조가 VCO의 입력에 인가될 때 변조 신호의 루프 필터 대역폭 이상의 고주파 성분이 VCO의 출력에서 전개된다. 루프 필터 대역폭 이내로 떨어지는 저주파 성분은 PLL에 의해 보상되지만, VCO의 출력에서는 나타나지 않는다. 이것은 변조 신호 관점에서 PLL이 고역 통과 특성을 제공하지만, 변조 감도는 저주파수에서 줄어들게 된다[10].

주 발진기는 변조 신호의 잠재적인 다른 삽입 점이 된다. 그러나, 발진기는 전압 신호에 의해 변조될 수 있어야 한다. 변조 신호가 주 발진기에 인가될 때, 루프필터 대역폭 내에 있는 주파수 성분만이 VCO 출력에서 나타난다. 이것은 변조 신호에 대해 저역 통과 응답의 결과를 가져온다. 반대로, 변조 감도는 고주파수에서 줄어들게 된다.

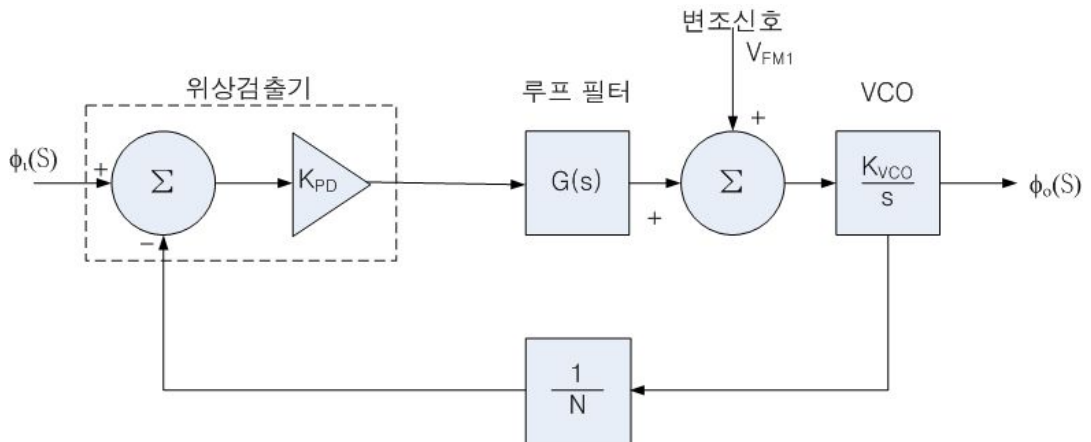
이러한 두 가지 접근방식의 조합이 루프 대역폭과 관계없이 원하는 일정한 변조 감도의 결과를 나타낸다. 이러한 방식을 Two-point 변조라 부르며 PLL 내의 두 점에 변조 신호를 인가함으로써 쉽게 달성할 수 있다.

2.2.2 VCO에 변조신호의 삽입

이 항목에서 변조 입력은 루프 필터 출력과 합해지고 합성된 신호가 VCO에 삽입된다.

<그림 2-17>에서 K_{PD} 는 위상 검출기의 이득이고 K_{VCO} 는 VCO의 이득, V_{FM} 은 VCO 입력에 인가되는 변조 신호, N 은 분배 상수, ϕ_i 는 입력신호의

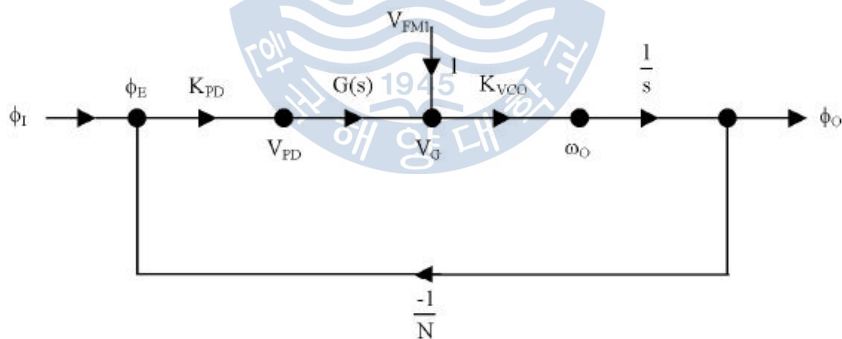
위상, ϕ_o 는 출력신호의 위상, $G(s)$ 는 루프 필터 전송 함수이다.



<그림 2-17> VCO에 변조 신호 삽입

<Fig 2-17> A modulated signal insertion to the VCO

<그림 2-18>과 같은 이 신호의 흐름도는 폐쇄 루프 전송 함수를 쉽게 유도할 수 있다.



<그림 2-18> VCO 변조 신호 삽입에 따른 신호 흐름도

<Fig 2-18> Signal flow chart according to a modulated signal insertion to the VCO

ϕ_E 는 오류 신호의 위상이고 V_{PD} 는 위상 검출기의 출력에서 전압신호, V_G 는 VCO의 전압 입력, ω_o 는 주파수로 표현되는 VCO 출력이다.

이 시스템에 대한 폐쇄 루프 전송함수는

$$\frac{\omega_0}{V_{FM}} = \frac{K_{VCO}}{1 + \frac{K_{PD}K_{VCO}G(s)}{sN}} \quad (2-15)$$

일반적인 실전 설계에서 2차 루프가 가장 보편적으로 사용된다[11]. 유도된 식에 2차 루프, Type 2의 능동 필터를 적용해 보면

$$G(s) = (1 + sa)/sb \text{로 설정하고}$$

여기서 a와 b는 RC 시정수를 나타낸다. 식을 간략하게 정리해보면

$$\frac{\omega_0}{V_{FM}} = \frac{s^2 K_{VCO}}{s^2 + s \frac{aK_{PD}K_{VCO}}{bN} + \frac{K_{PD}K_{VCO}}{bN}} \quad (2-16)$$

이 시스템의 주파수 응답을 결정하기 위해 폐쇄 루프 전송 함수의 크기가 결정되어야 한다. 완충 변수 ζ 와 자연 주파수 ω_n 의 관계로 전송 함수를 변수로 간략화 시키면 전송함수의 분모는 $s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2$ 이고 전송함수는 알려진 ζ 와 ω_n 의 값으로 정리된다.

$$\zeta = \frac{a}{2} \sqrt{\frac{K_{PD}K_{VCO}}{bN}} = \frac{a}{2} \omega_n \quad (2-17)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_{PD}K_{VCO}}{bN}} \quad (2-18)$$

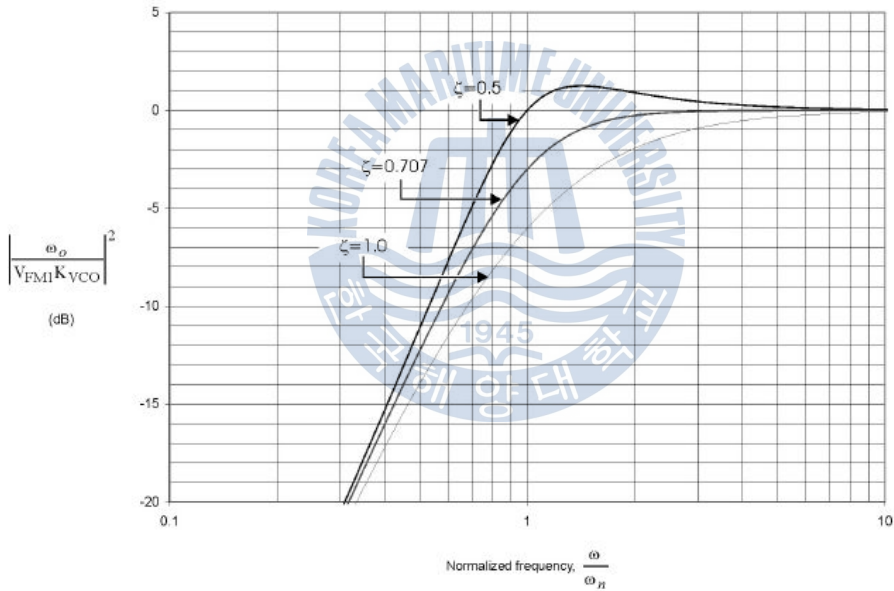
ζ 와 ω_n 의 관계로 전송함수를 다시 쓰면

$$\frac{\omega_0}{V_{FM}} = \frac{K_{VCO}s^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n + \omega_n^2} \quad (2-19)$$

s 를 $j\omega$ 로 대체하고 분자, 분모에 복소함수를 곱하게 되면 전송함수는

$$\left| \frac{\omega_0}{V_{FM}K_{VCO}} \right|^2 = \frac{\left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^4}{\left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^4 - 2 \left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^2 + 4\zeta^2 \left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^2 + 1} \quad (2-20)$$

가 된다. 이 시스템의 고역 통과 변조 응답은 <그림 2-19>와 같이 나타난다.



<그림 2-19> VCO 삽입에 대한 고역 통과 변조 응답

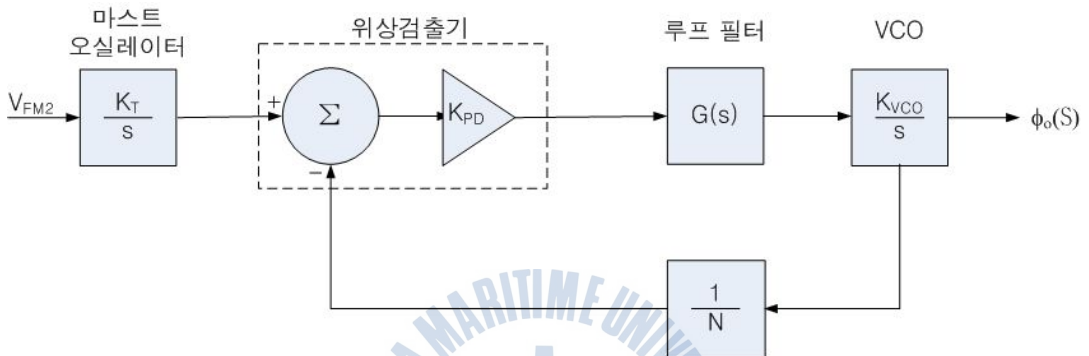
<Fig 2-19> High pass modulating response regarding to VCO insertion

2.2.3 주 발진기에 변조신호의 삽입

이 구성에서 변조 입력은 주 발진기에 인가되고 VCO에 변조 입력은 “0” 으로 설정된다. 다양한 발진기가 선택될 수 있겠지만 이 시스템에서 사용되는 주 발

진기는 전압 신호에 의해 변조될 수 있는 것이어야 한다. 이것은 발진기가 전압 제어의 특성을 가진 한 종류이어야 한다는 것이다.

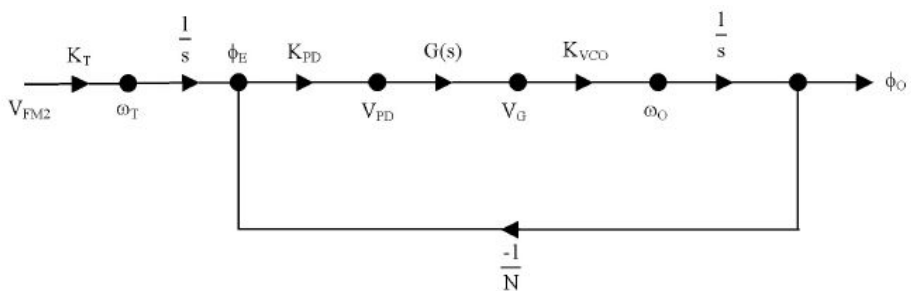
<그림 2-20>에서 V_{FM2} 는 주 발진기에 삽입되는 변조 신호이고 K_T 는 주 발진기의 이득 관계($1/s$ 적분기에 관련해서는 위상 관련사항으로 주 발진기의 출력)를 나타낸다.



<그림 2-20> 주 발진기에 변조 삽입

<Fig 2-20> A modulated signal insertion to the master oscillator

이러한 시스템에 대한 신호 흐름도는 <그림 2-21>과 같다.



<그림 2-21> 주 발진기에 변조 신호 삽입에 따른 신호 흐름도

<Fig 2-21> Signal flow chart according to a modulated signal insertion to the master oscillator

여기서 ω_0 는 주파수로 표현되는 주 발진기 출력이고 이 시스템의 폐쇄 루프 전송 함수는

$$\frac{\omega_0}{V_{FM2}} = \frac{\frac{K_T}{s} K_{PD} K_{VCO} G(s)}{1 + \frac{K_{PD} K_{VCO} G(s)}{sN}} \quad (2-21)$$

$G(s)$ 를 $(1+sa)/sb$ 로 설정하면

$$\frac{\omega_0}{V_{FM2}} = \frac{\frac{K_T K_{PD} K_{VCO}}{bN} (1+sa)}{s^2 + s \frac{aK_{PD} K_{VCO}}{bN} + \frac{K_{PD} K_{VCO}}{bN}} \quad (2-22)$$

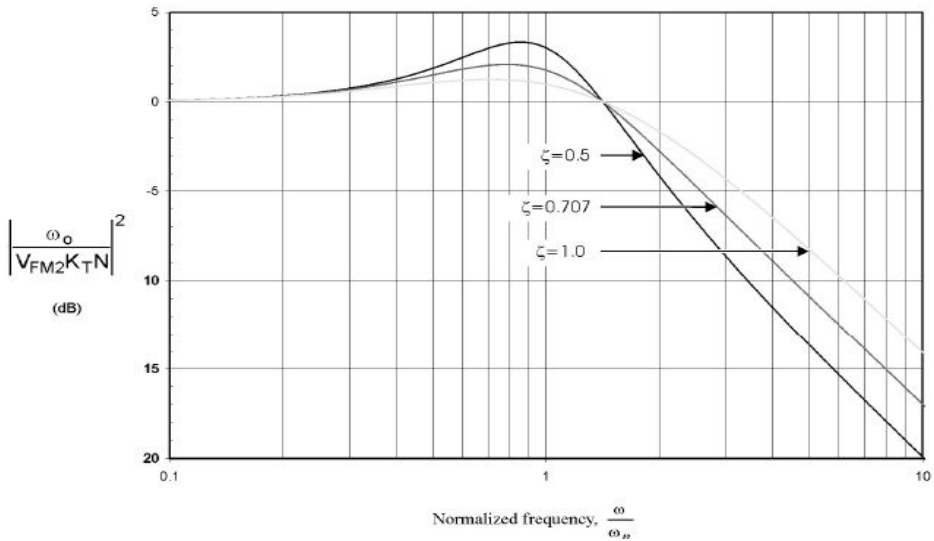
이 방정식은 ζ 와 ω_n 의 관계로 쓰여질 수 있다.

$$\frac{\omega_0}{V_{FM2}} = \frac{K_T N (\omega_n^2 + s 2\zeta\omega_n)}{s^2 + s 2\zeta\omega_n + \omega_n^2} \quad (2-23)$$

주파수 응답은 앞서 살펴본 바와 같이 다음과 같이 나타난다.

$$\left| \frac{\omega_0}{V_{FM2} K_T N} \right|^2 = \frac{1 + 4\zeta^2 \left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^2}{\left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^4 - 2 \left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^2 + 4\zeta^2 \left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^2 + 1} \quad (2-24)$$

시스템의 저역통과 변조 응답은 <그림 2-22>와 같다.



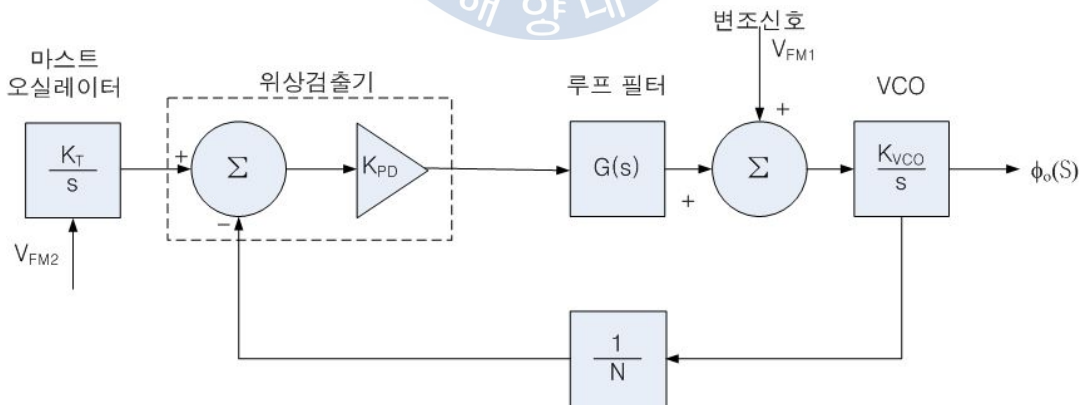
<그림 2-22> 주 발진기 삽입에 따른 저역통과 변조 응답

<Fig 2-22> Low pass modulating response regarding to master oscillator

2.2.4 VCO와 주 발진기에 변조신호의 삽입

이 경우에 변조된 신호는 주발진기와 VCO의 입력 모두에 동시 삽입된다.

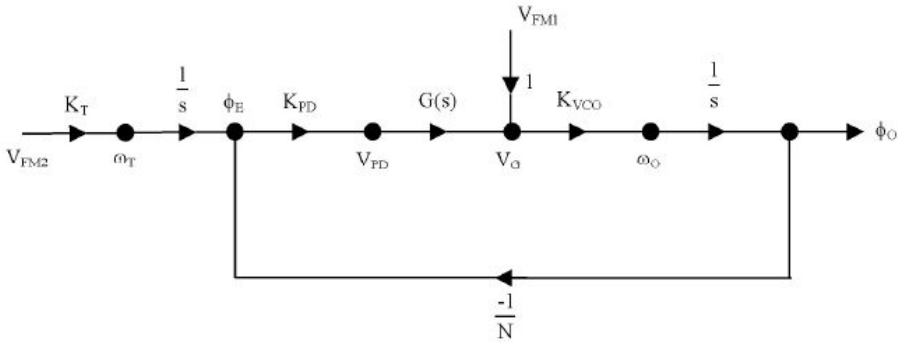
<그림 2-23>은 시스템의 구성도를 나타낸다.



<그림 2-23> 주 발진기와 VCO의 입력에 변조 신호의 동시 인가

<Fig 2-23> A modulated signal insertion to both master oscillator and VCO

이 조합에 대한 신호 흐름도는 <그림 2-24>와 같다.



<그림 2-24> 주 발진기와 VCO 입력에 동시 삽입에 따른 신호 흐름도

<Fig 2-24> Signal flow chart according to a modulated signal insertion to both master oscillator and VCO

이전에 결정된 전송 함수에 중첩의 원리를 적용하면

$$\frac{\omega_0}{V_{FM}} = \frac{\omega_0}{V_{FM1}} + \frac{\omega_0}{V_{FM2}} \quad (2-25)$$

이 되고 ζ 와 ω_n 의 관계를 식으로 간략화하면

$$\frac{\omega_0}{V_{FM}} = \frac{s^2 K_{VCO} + K_T N (\omega_n^2 + s 2\zeta \omega_n)}{s^2 + s 2\zeta \omega_n + \omega_n^2} \quad (2-26)$$

앞서 설명된 것과 같은 방법을 사용하면 합성된 전송함수의 크기는

$$\left| \frac{\omega_0}{V_{FM}} \right|^2 = \frac{\left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^4 K_{VCO}^2 - 2 \left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^2 K_{VCO} K_T N + 4 \zeta^2 \left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^2 K_T^2 N^2 + K_T^2 N^2}{\left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^4 - 2 \left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^2 + 4 \zeta^2 \left[\frac{\omega}{\omega_n} \right]^2 + 1} \quad (2-27)$$

이 방정식에서 ω 는 "0"으로 접근함에 따라 합성된 크기 함수의 값은 $K_T N$ 으로 근접하게 된다. ω 가 무한대로 접근하게 되면 합성된 크기 함수의 값은 K_{VCO} 에 근접하게 된다. K_{VCO} 와 동일한 균일한 주파수 응답을 얻기 위해서는

K_T 는 다음과 같이 처리되어야 한다.

$$K_T N = K_{VCO} \quad (2-28)$$

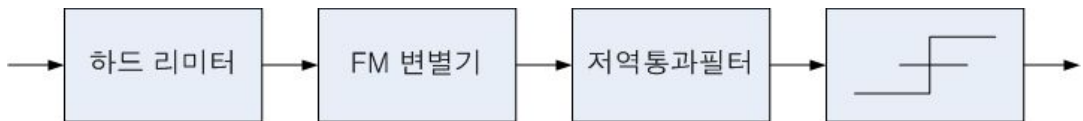
$$K_T = \frac{K_{VCO}}{N} \quad (2-29)$$

적절한 K_T 의 선택으로 변조 주파수 응답은 모든 주파수에서 평탄도를 유지할 것이다.

2.3 GMSK 수신기

GMSK신호는 FM 판별기 검출, 차등 검출, Coherent 검출의 3가지 방법으로 복조될 수 있다. Coherent 검출 방식이 최상의 비트 오류율 성능을 가지게 할 수 있지만, GMSK를 바탕으로 하는 I/Q 구조에만 적합할 뿐이다. 차등 검출은 복잡한 구현에도 불구하고 비트 오류율의 성능저하를 가져온다. Limit/주파수 판별기 구조가 GMSK 응용 시스템에서는 가장 간단한 구조일 것이다[12].

<그림 2-25>에 Limit/주파수 판별기의 GMSK 복조기 블록도를 나타내었다.



<그림 2-25> Limit/주파수 판별기의 GMSK 복조기

<Fig 2-25> GMSK demodulator of Limit/Frequency discriminator

GMSK 신호의 복조는 신호의 변조에서 이뤄졌던 것처럼 비성숙된 파형의 보존

에 많은 주의가 요구된다. 본 연구에서 사용된 CMX7032에 Gaussian 모양의 전치 변조 필터가 선택된 것은 다음과 같은 이유 때문이다.

- ① 협대역과 예리한 Cut-off의 제공
- ② 임펄스 응답의 낮은 Overshoot
- ③ 필터 출력 펄스 영역의 보존

첫 번째 조건은 GMSK 변조가 스펙트럼의 효율성을 제공하고 복조할 때 잡음에 대한 내성을 향상시킨다. 두 번째 조건은 GMSK가 낮은 위상 왜곡을 가져오게 한다. 이는 수신기가 신호를 기저대역으로 낮춰 복조할 때의 주 관심사에 해당하고 이러한 특성을 보호하기 위해서는 중간 주파수 필터링의 설계에 주의를 기울여야 한다.

세 번째 조건은 신호의 일관성을 확립한다. 이것이 꽤 엄격하고 물리적인 Gaussian 필터로 실현되지 않을지라도 위상 응답은 선형성을 유지할 수 있으므로 일관된 복조에는 충분할 것이다.

대부분의 시스템에서 위에 언급한 3가지 목표에 대한 구속사항으로 다음을 포함한다.

- ① 데이터 전송율
- ② 송신 필터 대역폭 · 주기($B \cdot T$)
- ③ 채널 간격
- ④ 허용되는 인접채널 간섭
- ⑤ 침투치 반송파 편이
- ⑥ 송수신 반송파 주파수 정확도
- ⑦ 변복조기 선형성
- ⑧ 수신 IF 필터 주파수 및 위상 특성

이러한 구속사항은 전체적으로 균형이 이루어져야 하고, 이는 강력한 GMSK 시스템을 제공하기 위해서는 반드시 부딪혀야 할 내용이다.

데이터 전송율, 송신 필터 대역폭 · 주기($B \cdot T$), 침투치 반송파 편이, 송수신

기 사이의 반송파 주파수 정확도 모두 IF 필터의 필요한 폭에 귀속되는 변수이다. IF 필터는 상기 변수에서 최대의 변위 폭에 대해서도 수용하기 위해서는 충분한 폭을 가져야 수신 신호가 필터의 가장 자리에서만 튀지 않게 될 것이다.

필터의 가장자리는 수신된 데이터의 고주파수 성분에서 과도한 양의 그룹 지연을 유발할 수 있다. IF 필터의 대역폭은 최소 또는 전혀 그룹지연이 없어야 한다. 그 이상의 그룹 지연이 유발되는 것은 수신기 BER(Bit error rate) 성능의 저하를 초래한다.

수신기를 설계할 때, 이러한 특성을 고려한 부품으로 MX-COM사의 MX589 또는 MX909 등을 기저대역 GMSK 모뎀으로 고려해 볼 수 있다. MX589는 데이터 전송율로 4kbps에서 40kbps까지 제공하고, B·T는 0.5 또는 0.3으로 운용될 수 있고, MX909는 데이터 전송율로 4kbps에서 19.2kbps까지 제공하고, B·T는 0.3에 해당하는 특성을 가진다.

해상이동업무용 주파수대역에서 점유주파수대역폭을 기존 25kHz에서 12.5kHz로 협대역화 시키는 방향으로 ITU의 전파규칙 안에 있는 부속서 18의 채널 할당을 새로 구성하자는 제안도 이루어지기는 했지만, 현재 AIS의 채널은 조난안전과 관련한 보호해야할 주파수 자원이므로 25kHz를 유지하는 것으로, ITU-R M.1371-3이 개정되었고, 2011년에 또한 추가 개정된 ITU-R M.1371-4에서도 주파수 대역폭에 관련된 사항은 25kHz를 유지하는 것으로 파악되었다.

채널 대역폭 25kHz에서의 B·T는 0.5이므로 MX589가 사용이 가능하다. 만약 MX589를 사용한다면, 이 소자 앞에 걸리는 기저대역 GMSK 신호의 복조는 데이터 추출 회로와 공조하여 Gaussian 모양의 LPF, 클럭 추출, 기준 레벨 보상회로를 사용하여 구성할 수 있다[13].

가장 먼저 신호는 송신부에서 사용된 것과 유사한 Gaussian LPF를 통해 들어간다. 신호의 영점 기준과 클럭 타이밍이 침두치 검파 회로의 PLL의 조합을 사용하여 추출된다. 이러한 조합은 송수신부 모두의 잡음에 대한 내성을 향상시키는데 도움이 된다. 한번 고정이 이루어진다면 데이터의 추출 회로에서 데이터의 정확한 복조를 예상할 수 있게 된다.

침두치 검파 회로는 1.5 bit 주기 내에서 신호의 DC 레벨에서 크게 변경하도록 조절될 수 있다. 이러한 클램핑 모드는 반송파가 수신기에 의해 처음 검출될 때 사용된다. PLL은 8번 이하로 영점을 지나는 신호에 고정될 수 있는 광대역 획득 모드를 가지고 있다. 이들 두 모드의 사용은 수신기가 반송파를 감지한 후에 소자가 아주 짧게 데이터 복호를 시작할 수 있게 한다. PLL과 침두치 추적 회로는 초기 획득 모드가 한번 고정된다면 좀 더 낮은 잡음 내성을 제공할 수 있는 수동적인 모드를 가지고 있다.

기저대역에서 GMSK신호의 특성은 변조부에서 언급된 것과 같이 DC 부근에서 시스템의 좋은 응답이 요구된다. 좀 더 랜덤한 데이터 패턴은 DC 성분을 크게 가지지 못하고, 기저대역 신호를 GMSK 변조기 또는 복조기에 인터페이스 하기위해 사용될 필요가 있는 AC Coupling의 고역 통과 특성에 둔감하다.



제 3 장 Class B “CS” AIS의 요건 분석

3.1 Class B “CS” AIS 장치의 특징

AIS는 선박에 설치된 VHF 트랜스폰더(Transponder)에 의해서 자동으로 자선의 위치, IMO 해상이동업무 식별부호(MMSI; Maritime Mobile Service Identity) 등의 정보를 적절한 동기에 의해 송신하면 같은 시스템이 갖춰진 주변의 다른 선박에서 이를 수신하여 장착된 디스플레이에 정보를 표출함으로써 주변의 항행 선박 정보를 인식하게 되는 장치이다[14].

CSTDMA 방식을 사용하는 Class B AIS 장치는 AIS 네트워크를 감시하다가 AIS 네트워크 상에 통신이 이루어지지 않을 때를 결정하여 송신하는 반송과 감지 기술이 요구된다. 또한, CSTDMA 방식은 예정 메시지와 예정 메시지의 응답과 같은 내용도 감시할 필요가 있다. 이와 같은 세련된 동작방법이 CSTDMA 방식의 Class B AIS 장치의 상호 연동성과 SOTDMA 방식을 사용하는 Class A AIS 장치 동작에 간섭을 제공하지 않도록 보증한다[15].

특히, Class B “CS” AIS 장치는 다른 형태의 AIS 장치를 수신할 수 있어야 하고, 다른 형태의 AIS 장치는 또한 Class B “CS” AIS 장치를 수신할 수 있어야 하며, AIS 초단파 데이터 링크의 무결성을 떨어뜨리지 않아야 한다.

Class B “CS” AIS 장치로부터의 전송은 VDL(VHF Data Link) 동작에 동기되는 "시간 주기"로 구성되어야 한다. Class B “CS” AIS 장치는 예상되는 송신이 다른 AIS 장치에 의해 이루어진 송신에 간섭을 주지 않는 것으로 확인될 때에만 이루어지고, 하나의 일반적인 시간 주기를 초과하지 않는다. 물론, 여기에서 기지국에 메시지 19로 응답하는 것은 제외된다.

Class B “CS” AIS 장치의 동작 모드는 계획된 위치 보고의 메시지 18번과 정적 데이터의 메시지 24번을 모든 지역에서 송신하는 자동연속 모드가 일반적으로 사용되고, 특정 지역에서 교통관제의 책임이 있는 해당 주관청의 대상이 되는 영역에

서 동작하는 할당모드, Class A 또는 기지국으로부터 메시지 18번이나 메시지 24번에 대한 요청에 응답하는 질의모드가 사용된다.

이 중에서 할당모드는 메시지 23번으로 그룹할당을 사용하는 주관청에 의해 보고 주기, 침묵모드 또는 송수신기의 동작이 원격 제어될 수 있다. 또한, 메시지 20번에 의해 "시간 주기"의 예약에도 사용된다.

질의 모드는 Class A AIS 장치 또는 기지국으로부터 동적정보 메시지 18번이나 정적정보 메시지 24번을 요청받을 수 있으며 이에 대한 응답에 사용되는 모드이고, 또한, 질의모드에서는 기지국이 구체적인 송신 오프셋을 규정하는 메시지 19번에 대한 요청에 대해서도 응답할 수 있어야 한다. 다만, 질의모드는 메시지 23번에 의해 정의된 침묵 주기를 덮어쓰게 된다.

하드웨어적인 측면에서 Class B “CS” AIS 장치는 초단파 해상이동업무 대역의 한 부분에서 동작할 수 있는 통신 프로세서와 최소 하나의 송신기, 세 개의 수신 프로세서, 즉, TDMA에 두 개와 채널 70번의 DSC 에 하나의 프로세서를 가져야 하나 DSC는 시분할 개념으로 하드웨어를 공유할 수 있다. DSC 수신주기 이외의 시간에 두 개의 TDMA 수신 프로세서는 AIS 채널 A와 B를 독립적으로, 그리고 동시에 동작해야 한다. 이와 함께 내장 위성항법장치 센서와 해상이동업무대역에서 자동 채널 스위칭의 수단이 제공되어야 하고 수동 채널 스위칭은 허용되지 않는다[16].

Class A AIS 장치와 하드웨어적인 측면에서 비교해보면 Class B “CS” AIS 장치는 수신기 프로세서가 세 개로 동일하지만, 시분할 개념으로 공유하기 때문에 하드웨어 상에 2개 수신기를 구성함으로서 부피와 가격을 절감할 수 있는 요인이 되고, 공중선 출력에서 연근해를 항행하는 내·국적선을 대상으로 하므로 EIRP(Effective Isotropical Radiated Power) 1W로 구성함에 따라 또한 하드웨어의 부피와 가격을 줄일 수 있는 동기가 된다.

이외에도 Class A AIS 장치가 다양한 항해장치와의 인터페이스가 필요한 반면 Class B “CS” AIS 장치는 선택적으로 인터페이스를 구축할 수 있는 장점이 있다.

Class A AIS 장치와 Class B “CS” AIS 장치의 물리적인 측면에서의 특성을

비교해 보면 다음 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> Class A와 Class B “CS” AIS 장치 비교

<Table 3-1> Comparison between Class A and Class B “CS” AIS device

구 분		Class A	Class B “CS”
통신 방식		SO-TDMA	CS-TDMA
구 성		Tx:1, Rx:3	Tx1:1, Rx:2 or 3
주파수 범위		156.025MHz ~ 162.025MHz	161.500MHz ~ 162.025MHz, or 156.025MHz ~ 162.025MHz
출 력		12.5W / 2W	1.5W
Interface	External GPS	Mandatory	Optional
	Gyro	Mandatory	Optional
	ROT Sensor	Mandatory	Optional
	ECDIS/RADAR	Mandatory	Optional
	Pilot Plug	Mandatory	Optional
	MKD	Mandatory	Optional

프로토콜 측면에서 Class B AIS 장치는 CSTDMA 방식을 적용하는 반면, Class A AIS 장치는 SOTDMA 방식을 적용한다. 원칙적인 SOTDMA 방식은 이동 무선국에서 자율적이고 연속적으로 위치정보 및 항해정보를 교환하기 위해 사용한다. SOTDMA는 무선국간의 데이터 교환 시, 통신 충돌을 최소화하고 충돌이 발생하였을 경우 제어 기지국의 중계없이 빠르게 해결할 수 있는 방법을 제공한다[17].

이를 위해 SOTDMA 방식은 시간 기준 장치로서 GNSS(Global Navigation Satellite System) 수신기를 사용하여 UTC(Universal Time Coordinated) 클럭에 256 bits 길이를 배열하여 많은 수의 슬롯으로 무선 채널을 나눈다. 1분의 주기 동안 각 AIS 무선 채널은 2,250개의 슬롯을 제공한다. SOTDMA 시스템은 AIS 장치내에서 특정 선박이 이전에 송신한 슬롯 번호를 기억하고 다음 주기에 동일 슬롯을 예비로 두는 청수 및 저장 시스템을 사용함으로써 자신의 전송에는 이를 사용하지 않게 된다.

이와 같은 상황에서 통신 복잡도를 줄이는 것을 포함한 다양한 이유로 Class B AIS 장치는 송신 이전에 청수하는 장치를 요구하는 CSTDMA 프로토콜을 사용하는 다른 접근방식을 채택하게 된 것이다.

3.2 Class B “CS” AIS 장치의 요구사항 분석

3.2.1 물리계층 요구사항

1) 송신기 요구사항

일반적인 송신기 요구사항을 살펴보면 ITU의 전파규칙(RR) 부속서 18에서 정의된 주파수 범위인 156.025MHz에서 162.025MHz의 주파수가 지역 채널에서 사용될 수 있으므로 선택 가능해야 하고 채널간격은 25kHz가 고정될 수 있다. 이를 요약하면 <표 3-2>와 같다.

<표 3-2> Class B “CS” AIS 장치의 송신기 요구사항

<Table 3-2> Transmitter requirement of the Class B “CS” AIS device

송신기 변수	값	조건
주파수 오차	± 500 Hz	
반송파 전력	33 dBm ± 1.5 dB	전도성 시험
변조 스펙트럼	-25 dBW -60 dBW	$\Delta f_c < \pm 10$ kHz $\pm 25\text{kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5$ kHz
변조 정확도	< 3,400 Hz 2,400 ± 480 Hz 2,400 ± 240 Hz 1,740 ± 175 Hz 2,400 ± 240 Hz	Bit 0, 1 Bit 2,3 Bit 4...31 Bit 32...199: bit 패턴 0101... 경우 bit 패턴 00001111... 경우
전력 대 시간 특성	송신 지연: 2,083 μ s Ramp up: $\leq 313\mu$ s Ramp down: $\leq 313\mu$ s 송신 주기: $\leq 23,333\mu$ s	일반적인 1회 주기 송신
스푸리어스 발사	-36 dBm -30 dBm	9 kHz...1 GHz 1 GHz...4 GHz

디폴트 채널로 Class A AIS 장치와 같이 AIS 1(161.975MHz)와 AIS 2(162.025MHz)가 사용된다. 데이터 전송율은 9,600 bps가 사용되고, 훈련용 시퀀스로 24 bits가 사용, GMSK 송신 B·T는 0.4, GMSK 수신 B·T는 0.5, GMSK 변조지수 또한 0.5가 사용된다.

변조에서 주파수 변조 이전에 NRZI 코딩된 데이터가 GMSK 코딩되는 구조를 가져야 하고, 데이터 전송은 초기 "0"으로 시작되고, "0" 과 "1" 을 순서대로 교차하는 "010101.." 의 한 세그먼트 동기로 구성되는 24 bits 전문으로 시작한다.

2) 수신기 요구사항

ITU-R M.1371-4의 기술기준에 Class B "CS" AIS 수신기의 요구사항을 요약하면 <표 3-3>과 같다.

<표 3-3> Class B "CS" AIS 장치의 수신기 요구사항

<Table 3-3> Receiver requirement of the Class B "CS" AIS device

수신기 변수	값		
	결과	요구신호	불요파 신호
감도	20% per	-107 dBm -104 dBm (±500Hz 오프셋)	
고입력 레벨에서 오차	2% per	-77 dBm	-
	10% per	-7 dBm	-
상호채널 제거	20% per	-101 dBm	-111 dBm -111 dBm(±1kHz오프셋)
인접채널 선택도	20% per	-101 dBm	-31 dBm
스푸리어스 응답 제거	20% per	-101 dBm	-31 dBm 50 MHz ... 520 MHz
상호변조응답 제거	20% per	-101 dBm	-36 dBm
블록킹 및 종합왜율	20% per	-101 dBm	-23 dBm(<5 MHz) -15 dBm(>5MHz)
스푸리어스 발사	-57 dBm -47 dBm	9 kHz ... 1 GHz 1 GHz...4 GHz	

3.2.2 링크 계층 요구사항

링크 계층은 데이터 전송에서 에러 검출을 적용하기 위해 데이터를 어떻게 패키지화 하는지를 규정한다.

1) 동기

동기는 반송파 감지의 시간 주기 T_0 의 일반적인 시작을 결정하기 위해 사용된다. 다른 종류의 AIS 장치로부터의 신호가 수신된다면 “CS” AIS 장치는 시간 주기를 수신된 메시지의 계획된 위치 보고에 동기시킨다. 물론, 각각의 AIS 장치에 대한 전파 지연에 대한 고려가 이루어진다. 여기에 적용되는 메시지에는 메시지 번호 1, 2, 3, 4, 18, 19 등이 있다.

동기 jitter는 수신된 위치보고의 평균에서 $\pm 3 \text{ bits}(312\mu\text{s})$ 를 초과하지 않아야 한다. 기본적으로 AIS 장치는 비트 채우기(stuffing)가 이루어지고, 이에 따른 Stuffing jitter가 발생한다[18].

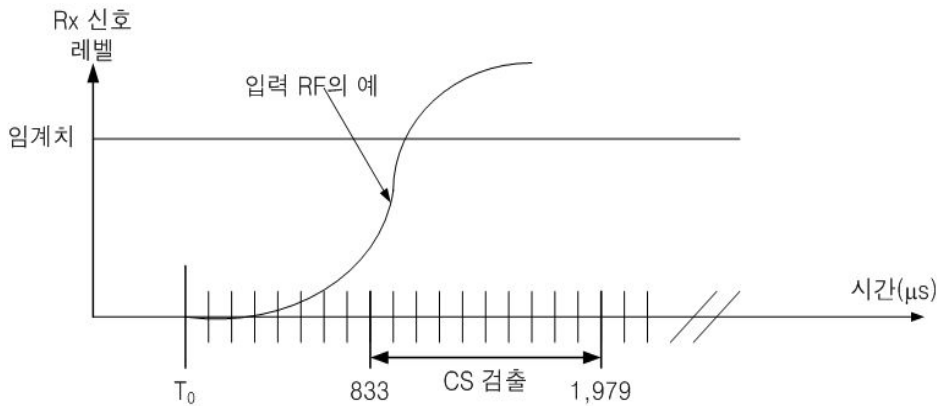
AIS 장치가 더 이상 다른 종류의 AIS 장치로부터 메시지를 수신하지 않는다면 AIS 장치는 최소 30초 동안 동기를 유지해야 하고, 내부 타이밍에 따라서 시간 주기 T_0 의 시작을 결정해야 한다.

Class B “CS” AIS 장치가 동기원으로써 사용할 수 있는 AIS 메시지를 수신한다면 해당 AIS 장치의 다음 송신에서 타이밍과 동기를 평가해야 한다. 또한, 기지국에 의해 예정된 시간 주기는 계속해서 존중되어야 한다.

2) 반송파 감지 검출 방법

T_0 시작 이후에 $833\mu\text{s}$ 에서 시작하고 $1,979\mu\text{s}$ 에서 끝나는 $1,146\mu\text{s}$ 의 시간 창 내에서 Class B “CS” AIS 장치는 그 시간 주기가 사용되었는지를 검출해야 한다.

Class B “CS” AIS 장치는 반송파 감지 검출 창 내에서 반송파 감지 검출의 임계치보다 큰 신호 레벨이 검출된다면 어떤 시간 주기에서도 송신하지 않는다.



<그림 3-1> 반송과 감지 타이밍

<Fig 3-1> Carrier sense timing

CSTDMA 패킷의 전송은 시간 주기의 일반적인 시작 이후에 20 bits ($T_A = (T_0 + 2,083\mu s)$)를 시작한다. <그림 3-1>은 반송과 감지에 소요되는 타이밍을 나타낸다.

3) 반송과 감지 임계치

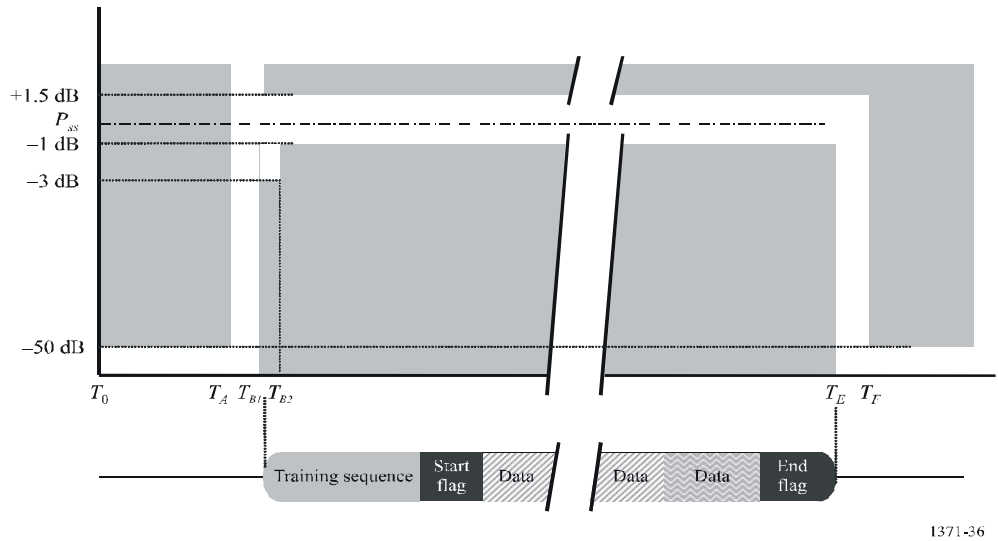
반송과 감지 임계치는 각각의 수신 채널을 별도로 반복되는 60초 간격 이상을 돌려서 결정해야 한다. 임계치는 최소 에너지 레벨 측정과 읍셋 10dB를 더해서 결정되어야 한다. 최소 반송과 감지 임계치는 -107dBm 이상이어야 하고, 배경 잡음은 최소 30dB의 범위에서 추적되어야 한다. 이는 결과적으로 최대 -7dBm의 임계치를 갖는 결과를 가진다.

4) VDL(VHF Data Link) 접속

송신기는 반송과 감지 창(T_A) 주기 이후 즉시 RF 전력을 켜므로써 송신을 시작해야 한다. 또한, 송신기는 송신 패킷의 마지막 bit가 송신 장치를 떠난 후에 꺼져야 한다.

이와 같은 과정을 <그림 3-2>의 Class B “CS” AIS 장치의 공중전 전력 대

시간 마스크와 <표 3-4>의 타이밍 정의에서 구체적으로 나타내었다.



<그림 3-2> Class B “CS” AIS 장치의 전력 대 시간 마스크

<Fig 3-2> Power versus time mask of the Class B “CS” AIS device

송신의 중단 후에 전력이 “0”에 도달하고 다음 시간 주기가 시작될 때까지 RF의 변조가 일어나지 않아야 한다.

<표 3-4> 타이밍의 정의

<Table 3-4> Definition of timings

기준		Bits	시간	정의
T_0 to T_A		0	0	예비 시간 주기의 시작 전력은 P_{ss} 의 -50 dB를 초과하지 않아야 한다.
T_A to T_B		20	2,083	상승 시작
T_B	T_{B1}	23	2,396	전력은 P_{ss} 의 +1.5 ~ -3 dB 사이에 도달해야 함.
	T_{B2}	25	2,604	전력은 P_{ss} 의 +1.5 ~ -1 dB 사이에 도달해야 함.
T_E (+1 채우기 bit)		248	25,833	전력은 P_{ss} 의 +1.5 ~ -1 dB 사이를 유지해야 함.
T_F (+1 채우기 bit)		251	26,146	전력은 RF 출력전력, P_{ss} 안정상태의 -50 dB 이하로 머물러야 함.

VDL 상태는 시간 주기동안 반송파 감지 검출의 결과를 바탕으로 한다. 따라서 VDL 시간 주기는 다음의 한 가지 상태일 수 있다.

- ① 자유상태 : 시간주기가 활용 가능하고 사용이 식별되지 않음
- ② 사용됨 : 사용이 식별됨.
- ③ 활용불가 : 기지국이 메시지 20번을 사용하여 예약된 상태

5) VDL 서비스

데이터 링크 서비스 데이터 링크의 활성화와 해제, 데이터 전송, 에러 검출 및 제어에 대한 방법을 제공한다.

데이터 전송에서는 ISO/IEC 3309에서 규정된 HDLC(High Level Data Link Control)를 바탕으로 bit를 기점으로 하는 프로토콜을 사용해야 한다. 여기서 정보 패킷은 제어 필드가 생략되는 것을 제외하고는 동일하다. HDLC 각 필드의 구성은 <그림 3-3>과 같다.

시작 버퍼	프리앰블 (Training 시퀀스)	시작 플래그	데이터	FCS	종료 플래그	종료 버퍼
-------	------------------------	--------	-----	-----	--------	-------

<그림 3-3> 송신 패킷

<Fig 3-3> Transmission packet

비트열은 비트 채우기의 대상이 된다. 이는 출력 비트열에 다섯 개의 연속적인 “1”이 발견된다면 “0”이 삽입되어야 한다는 것을 의미한다. 이것은 HDLC 플래그의 데이터 비트를 제외한 모든 비트에 적용된다.

데이터는 <그림 3-3>과 같은 전송 패킷을 사용하여 전송된다. 패킷은 왼쪽에서부터 오른쪽으로 보내지고 이 구조는 프리앰블을 제외하고는 일반적인 HDLC 구조와 동일하다. 프리앰블 즉, training 시퀀스는 초단파 수신기를 동기시키기 위해 사용되어야 한다. 디폴트 패킷의 전체 길이는 256 bits이고 시간으로

환산하면 $26.7\mu s$ 에 해당한다.

앞서 <그림 3-3>에서와 같이 시작 버퍼는 32 bits이고 반송파 감지 지연 20 bits와 전력 상승시간 3 bits로 구성되며 이를 <표 3-5>에 나타내었다.

<표 3-5> 시작 버스트의 구성

<Table 3-5> The composition of a start burst

시퀀스	설명	Bits	비고
1	수신 지연 (동기 지터+거리지연)	5	Class A: 지터 3 bits + 거리지연 2 bits (30 NM) 기지국 : 지터 1 bit + 거리지연 4 bits (60 NM)
2	자체 동기지터 (동기원에 상대적)	3	3 bits
3	전력상승 (수신 메시지)	8	검출창의 시작
4	검 출 창	3	
5	내부 처리 지연	1	
6	전력 하강 (송신기 자체)	3	
	전체	23	

Training 시퀀스는 “0” 과 “1” 이 교차하는 (010101...)의 비트 패턴을 가진다. 24 bits의 프리앰블이 플래그를 송신하기 전에 송신되고, 이 비트 패턴은 통신회로에서 사용되는 NRZI 모드로 개조된다. NRZI는 비트값이 “1” 일 때마다 전압레벨을 바꾸어 전송하는 방식이다[19].

시작 플래그는 8 bits로 표준 HDLC 플래그로 구성된다. 이것은 송신 패킷의 시작을 검출하도록 사용되고 “01111110” (7Eh)로 구성된다.

시작 플래그는 연속적인 “1” 이 6개 이지만 비트 채우기의 대상은 되지 않는다.

데이터 필드에서 1회주기에 송신되는 디폴트 데이터 패킷의 크기는 최대 168

bits가 된다.

FCS(Frame Check Sequence)는 ISO/IEC 3309에 정의된 것과 같은 checksum을 계산하기 위해 CRC 16비트 다항식을 사용한다. 즉, 모든 CRC 비트는 CRC 계산의 시작에서 “1”로 사전 설정되고 단지 데이터 부분만 CRC 계산에 포함되어야 한다.

종료 플래그는 시작 플래그와 동일하고, 종료 버퍼는 4 bits의 비트 채우기, 전력 하강 3 bits, 거리지연 2 bits로 구성된다.

3.3 Class B “CS”AIS 메시지

3.3.1 GNSS 방송 이진 메시지(메시지 17)

GNSS 방송 이진 메시지(메시지 17)는 알고 있는 위치의 수신국에서 GPS나 GLONASS 수신기를 가지고 위치를 상호 비교하여 보정신호를 보내주는 DGNSS(Differential Global Navigation Satellite System) 기준 신호원과 접속되어 있는 기지국에서 송신되어야 하며, 수신 국소에 DGNSS 데이터를 제공토록 구성되어야 한다[20]. 데이터 내용은 프리엠블과 패리티 형식을 제외하고는 ITU-R 권고 M.823-2와 일치하여야 한다.

<표 3-6> 메시지 17: GNSS 방송 이진 메시지

<Table 3-6> Message 17 : GNSS broadcast binary message

변수	비트수	설명
메시지 ID	6	메시지 17에 대한 식별자 : 항상 17
반복 지시자	2	메시지가 몇 번 반복되었는가를 위하여 중계 장치에 의해 사용 됨, 0-3범위, 0=기본, 3=더 이상 반복 없음
Source ID	30	기지국의 MMSI

여분	2	여분. 0으로 설정되어야 함. 미래 사용을 위해 예약
경도	18	1/10min에서 DGNSS 기준 국소의 조사된 경도(± 180 도, 동쪽=+, 서쪽=-) 만일 질의 및 차등1 교정서비스가 불가하면 경도는 181도로 설정되어야 한다.
위도	17	1/10min에서 DGNSS 기준 국소의 조사된 경도(고 90도, 북쪽=+, 남쪽=-), 만일 질의 및 차등 교정서비스가 불가하면 위도는 91도로 설정되어야 한다.
여분	5	미사용, 0으로 설정되어야 함. 미래 사용을 위해 예약
데이터	0-736	차등 교정 데이터. 만일 질의 및 차등 교정서비스가 불가하면 데이터 필드는 빈 공간으로 남아야 한다. (영(0)비트) 이것은 DGNSS 데이터 워드가 0이 된 것으로 수령자에 의해 번역되어야 한다.
총 비트 수	80-816	80 비트: N=0 으로 추정; 816 비트: N=29(최대값)으로 추정

3.3.2 표준 Class B 장비 위치 보고(메시지 18)

표준 CLASS B 장비의 위치 보고(메시지 18)는 메시지 1, 2, 3 대신 Class B 선박용 이동국 장치에 의해 주기적이고 자율적으로 출력되어야 한다. 보고 간격은 3 분과 30 초의 주어진 값을 기본으로 하며, 만일 메시지 16이나 23의 수신에 의해 규정되지 않는다면 대지속력, 현재의 항해 상태 플래그 설정에 의존한다.

<표 3-7> 메시지 18 : 표준 Class B 장비 위치 보고

<Table 3-7> Message 18 : Standard class B equipment position report

변수	비트수	설명
메시지 ID	6	메시지 18에 대한 식별자 : 항상 18
반복 지시자	2	메시지가 몇 번 반복되었는가를 지시하기 위하여 중계 장치에 의해 사용됨. 0-3범위, 0=기본, 3=더 이상 반복 없음

사용자 ID	30	MMSI
여 분	8	여분. 0으로 설정되어야 함. 미래 사용을 위해 예약
대지속력	10	1/10 knot 단위의 대지속력(0~102.2 knots) 1,023=비가용, 1,022=102.2노트 또는 그 이상
위치정확도	1	1 = 높음 (≤ 10 m)
경도	28	0 = 낮음 (> 10 m) 0 = 기본 값
위도	27	PA 플래그는 정확한 위치정보에 따라 결정되어야 한다. 1/10,000분 이내의 경도(± 180 도, 동쪽 = 양수 값, 서쪽 = 음수 값, 181도(6791AC0 hex = 비가용 = 기본 값) 1/10,000분 이내의 위(± 90 도, 북쪽 = 양수 값, 남쪽 = 음수 값), 91도(3412140 hex = 비가용 = 기본 값)
대지향로	12	1/10° 에서의 대지 향로(0~3,599).3,600(E10 hex) = 비가용 = 기본 값; 3,601~4,095는 사용되지 않아야 한다.
진 선수방위	9	도(0~359) (511은 비가용 = 기본 값)
Time stamp	6	EPFS에 의해 보고가 발생하였을 때 UTC 초(0~59; 또는 만일 time stamp 가 가용치 못하면 60이며 또한 기본 값을 가져야 함; 또는 만일 위치 시스템이 수동입력 모드라면 전자위치고정시스템이 평가(계산 불가)모드이면 62; 또는 만일 위치 시스템이 수동 입력이면 61; 또는 만일 위치 시스템이 비 동작 중이면 63) 61, 62, 63은 “CS” AIS에 의해 사용되지 않는다.
여 분	2	여분. 0으로 설정되어야 함. 미래 사용을 위해 예약
Class B 장치 플래그	1	0 = Class B SOTDMA 장치 1 = Class B “CS” 장치
Class B 화면장치 플래그	1	0 = 화면장치 비가용, 메시지 12, 14의 표시 불가 1 = 메시지 12, 14를 표시하는 통합 화면장치를 탑재
Class B DSC 플래그	1	0 = DSC 기능 미탑재 1 = DSC 기능 탑재(전용 또는 시분할)
Class B 대역 플래그	1	0 = 해상 대역의 상위 525kHz 이상에서 운용 가능 1 = 전체 해상 대역에서 운용 가능 (Class B 메시지 22 플래그가 0이면 해당되지 않음)
Class B 메시지 22 플래그	1	0 = 메시지 22를 통한 주파수 관리 없음, AIS1과 AIS2에서만 동작 1 = 메시지 22를 통한 주파수 관리

모드 플래그	1	0 = 자율 및 연속 모드로 동작하고 있는 국소=기본값 1 = 할당 모드로 운용하고 있는 국소
(RAIM)- 플래그	1	전자위치고정장치의 RAIM 플래그; 0=RAIM을 이용하지 않음= 기본 값;1=RAM사용)
통신상태 선택 플래그	1	0=SOTDMA 통신 상태를 따름; 1=ITDMA 통신 상태를 따름. (Class B “CS” 는 항상 1)
통신상태	19	만일 통신상태 선택 플래그가 0으로 되면, SOTDMA 통신 상 태임. 또는, 만일 통신상태 선택 플래그가 1로 되면 ITDMA 통신 상태임 Class B “CS” 는 어떤 통신 상태 정보도 사용하지 않기 때 문에 이 필드는 다음 값으로 채워져야 한다. 1100000000000000110
총 비트	168	1개 슬롯을 점유

3.3.3 확장된 Class B 장비 위치 보고(메시지 19)

확장된 Class B 장비 위치 보고(메시지 19)는 Class B 선박용 이동국 장치에 의해 사용되어야 한다. 이 메시지는 ITDMA(Incremental Time Division Multiple Access) 통신 상태에서 메시지 18의 사용에 의하여 할당된 2개 슬롯에서 매 6분마다 한번 송신되어야 한다. 또한, 이 메시지는 전자적 위치 고정 장치의 유형이나 위치에 대한 선박 및 기준점의 크기 등 변수값 변동 이후 즉시 송신되어야 한다.

<표 3-8> 메시지 19 : 확장된 Class B 장비 위치 보고

<Table 3-8> Message 19 : Extended class B equipment position report

변수	비트수	설명
메시지 ID	6	메시지 19에 대한 식별자 : 항상 19
반복 지시자	2	메시지가 몇 번 반복되었는가를 지시하기 위하여 중계 장치에 의해 사용됨. : 0~3범위, 0=기본, 3=더 이상 반복 없음

사용자 ID	30	MMSI 번호
여분	8	여분. 0으로 설정되어야 함. 미래를 위해 예약
대지속력	10	1/10 knot 단위의 대지속력(0~102.2 knots) 1,023=비가용, 1,022=102.2노트 또는 그 이상
위치정확도	1	1 = 높음 ($\leq 10m$) 0 = 낮음 ($>10m$) 0 = 기본 값 PA 플래그는 정확한 위치정보에 따라 결정되어야 한다.
경도	28	1/10,000분 이내의 경도 (± 180 도, 동쪽 = 양수 값, 서쪽 = 음수 값, 181도(6791AC0 hex = 비가용 = 기본 값)
위도	27	1/10,000분 이내의 위도(± 90 도, 북쪽 = 양수 값, 남쪽 = 음수 값), 91도(3412140 hex = 비가용 = 기본 값)
대지향로	12	1/10° 에서의 대지 향로(0~3,599).3,600(E10 hex) = 비가용 = 기본 값; 3,601~4,095는 사용되지 않아야 한다.
진 선수방위	9	도(0~359) (511은 비가용 = 기본 값)
Time stamp	6	EPFS에 의해 보고가 발생하였을 때 UTC 초(0~59; 또는 만일 time stamp 가 가용치 못하면 60이며 또한 기본 값을 가져야 함; 또는 만일 위치 시스템이 수동입력 모드라면 전자위치고정시스템이 평가(계산 불가)모드이면 62; 또는 만일 위치 시스템이 수동 입력이면 61; 또는 만일 위치 시스템이 비 동작 중이면 63)
여분	4	여분. 0으로 설정되어야 함. 미래 사용을 위해 예약
명칭	120	최대 20문자 6bit ASCII, "@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@"=비가용=기본 값
선박 및 화물 형태	8	0=비가용 또는 선박이 아님=기본 값; 1~99= ITU-R M.1371에서 정의; 100~199=지역적 이용을 위한 예약; 200~255=향후를 위한 예약
선박의 크기 및 위치 기준	30	m 단위의 선박의 크기와 보고된 위치에 대한 기준점.

전자고정장치의 유형	4	0=미정의(기본값), 1=GPS, 2=GLONASS, 3=GPS/GLONASS 결합체, 4=Loran-C, 5=Chayka, 6=집적된 항해 시스템, 7=측량됨, 8=Galileo, 9~14=미사용, 15=내부 GNSS
(RAIM)-플래그	1	전사위치고정장치의 RAIM 플래그;0=RAIM을 이용하지 않음=기본 값;1=RAIM 사용)
DTE	1	데이터 터미널 준비(0=가용, 1=비가용=기본 값)
할당 모드 플래그	1	0 = 자동,연속 모드로 동작중인 국소 = 기본값 1 = 할당모드로 운용중인 국소
여분	5	미사용, 0으로 설정되어야 함. 미래를 위해 예약
총 비트수	312	2개 슬롯을 점유

3.3.4 채널관리(메시지 22)

채널관리(메시지 22)는 메시지에 지정된 지리적 영역에 대해 초단파 데이터 링크 변수를 명령하도록 기지국(방송형 메시지로써)에 의해 송신되어야 한다. 이와는 달리, 이 메시지는 개별 AIS 이동국이 규정된 초단파 데이터 링크 변수를 적용하도록 명령하기 위하여 기지국(주소가 있는 메시지로써)에 의해 사용될 수 있다. 질의되거나 질의된 기지국에 의해 수행되는 채널 관리가 없을 때는 비가용 또는 국제적인 기본 설정이 송신되어야 한다.

<표 3-9> 메시지 22 : 채널관리

<Table 3-9> Message 22 : Channel management

변수	비트수	설명
메시지 ID	6	메시지 22에 대한 식별자 : 항상 22
반복 지시자	2	메시지가 몇 번 반복되었는가를 지시하기 위하여 중계 장치에 의해 사용됨. 0~3범위, 0=기본, 3=더 이상 반복 없음

국소 ID	30	기지국의 MMSI
여분	2	미사용, 0으로 설정되어야 함. 미래를 위해 예약
채널 A	12	ITU-R 권고 M.1084 부록 4에 따른 채널 번호
채널 B	12	ITU-R 권고 M.1084 부록 4에 따른 채널 번호
Tx/Rx 모드	4	0=Tx A/Tx B, Rx A/Rx B(기본 값) 1=Tx A, Rx A/Rx B 2=Tx B, Rx A/Rx B 3~15: 미사용 이중 채널 송신이 Tx/Rx 모드 명령 1, 2에 의해 중지될 때, 요구되는 보고 간격은 남아 있는 송신 채널을 사용하여 유지되어야 한다.
송출전력	1	0=높은 값(기본 값), 1=낮은 값
경도 1(또는 주소가 있는 국소 ID1의 18 최상위비트)	18	할당이 적용되는 지역의 경도: 상위 우측코너(북동):1/10 min, 또는 주소가 있는 국소 ID1의 18 최상위비트(± 180 도, 동쪽=+, 서쪽=-) 181도=사용불가
위도 1(또는 주소가 있는 국소 ID1의 12 최하위비트)	17	할당이 적용되는 지역의 위도: 상위 우측코너(북동): 1/10 min, 또는 주소가 있는 국소 ID1의 12 최하위비트, 5 영(0)비트를 따름 (± 90 도, 북쪽=+, 남쪽=-) 91도= 사용불가
경도 2(또는 주소가 있는 국소 ID1의 18 최상위비트)	18	할당이 적용되는 지역의 경도 : 하위 좌측코너(남서):1/10 min, 또는 주소가 있는 국소 ID2의 12 최상위비트, 5 영(0)비트를 따름(± 180 도, 동쪽=+, 서쪽=-)
위도 2(또는 주소가 있는 국소 ID1의 12 최하위비트)	17	할당이 적용되는 지역의 위도: 하위 좌측코너(남서): 1/10 min, 또는 주소가 있는 국소 ID2의 12 최하위비트, 5 영(0)비트를 따름 (± 90 도, 북쪽=+, 남쪽=-) 91도= 사용불가
주소가 있거나 방송 메시지 지시자	1	0= 방송 지리적 지역 메시지 = 기본값; 1= 주소가 있는 메시지 (개별 국소들에 대해)
채널 A 대역폭	1	0=기본 값 (채널번호에 의해 규정된 것처럼); 1=여분 (이전 ITU-R M.1371-1에서는 12.5KHz 대역폭)

채널 B 대역폭	1	0=기본 값 (채널번호에 의해 규정된 것처럼); 1=여분 (이전 ITU-R M.1371-1에서는 12.5KHz 대역폭)
천이 영역 크기	3	해리단위로서 천이영역의 크기는 이 변수 값에 1을 더함으로써 계산되어야 한다. 기본 변수 값은 4이어야 하며, 이는 5해리로 환산된다.
여분	23	미사용, 0으로 설정되어야 함. 미래사용을 위해 예약
총 비트수	168	

3.3.5 그룹할당 명령(메시지 23)

그룹할당 명령(메시지 23)은 제어 실체로서 동작할 때 기지국에 의해 송신된다. 이 메시지는 그 위치, 선박과 화물의 형태, 또는, 국소의 형태에 의해 이 동국에 적용되어야 한다. 이동국의 다음 운용 변수를 제어한다.

- 송·수신 모드
- 보고 주기
- 침묵 시간의 기간

<표 3-10> 메시지 23 : 그룹할당 명령

<Table 3-10> Message 23 : Group assignment command

변수	비트수	설명
메시지 ID	6	메시지 23에 대한 식별자 : 항상 23
반복 지시자	2	메시지가 몇 번 반복되었는가를 지시하기 위하여 중계 장치에 의해 사용됨. 0~3범위, 0=기본, 3=더 이상 반복 없음
국소 ID	30	할당국의 MMSI
여분	2	미사용, 0으로 설정되어야 함.

경도 1(또는 주소가 있는 국소 ID1의 18 최상위비트)	18	그룹 할당을 적용하는 지역의 경도: 상위 우측코너(북동):1/10 min, (± 180 도, 동쪽=+, 서쪽=-) 181도=사용 불가
위도 1(또는 주소가 있는 국소 ID1의 12 최하위비트)	17	그룹 할당을 적용하는 지역의 위도: 상위 우측코너(북동): 1/10 min, (± 90 도, 북쪽=+, 남쪽=-) 91도= 사용 불가
경도 2(또는 주소가 있는 국소 ID1의 18 최상위비트)	18	그룹 할당을 적용하는 지역의 경도 : 하위 좌측코너(남서):1/10 min, (± 180 도, 동쪽=+, 서쪽=-)
경도 2(또는 주소가 있는 국소 ID1의 12최하위비트)	17	그룹 할당을 적용하는 지역의 위도: 하위 좌측코너(남서): 1/10 min, (± 90 도, 북쪽=+, 남쪽=-) 91도= 사용불가
국소 형태	4	0= 모든 종류의 이동국 = 기본값; 1= Class A 이동국 2= 모든 종류의 Class B 이동국 3= SAR 항공 이동국 4= Class B “SO” 이동국 5= Class B “CS” 선박 이동국 6= 내륙 수로 7~9 = 지역적인 사용 10~15 = 미래 사용을 위함
선박과 화물의 종류	8	0=모든 형태 = 기본 값 1~99 = ITU-R 1371-4 참조 100~199 = 지역 사용을 위해 예약 200~255 = 미래 사용을 위해 예약
여 분	22	미사용, 0으로 설정되어야 함. 미래를 위해 예약
Tx/Rx 모드	2	이 변수는 각각의 국소를 다음 모듈의 하나로 명령한다. 0 = TxA/TxB, RxA/RxB (기본값) 1 = TxA, RxA/RxB 2 = TxB, RxA/RxB 3 = 미래 사용을 위해 예약

보고 간격	4	이 변수는 각각의 국소를 <표 3-11>에 주어진 보고 간격으로 명령한다.
침묵 시간	4	0 = 기본값 = 침묵시간이 명령되지 않음. 1~15 : 1~15분의 침묵 시간
여분	6	미사용, 0으로 설정되어야 함. 미래사용을 위해 예약
총 비트수	160	하나의 시간 주기를 차지

<표 3-11> 메시지 23 사용을 위한 보고 간격 설정

<Table 3-11> Reporting interval settings for use with message 23

보고 간격 필드 설정	메시지 23에 대한 보고 간격
0	자동 모드에 의해 주어진 것과 같음
1	10분
2	6분
3	3분
4	1분
5	30초
6	15초
7	10초
8	5초
9	2초(Class B “CS” 에는 적용되지 않음)
10	다음 더 짧은 보고 주기
11	다음 더 긴 보고 주기
12~15	미래 사용을 위해 예약

Note 1) 이중 채널 전송이 Tx/Rx 모드 명령 1, 2에 의해 일시 정지될 때, 요구되는 보고 간격은 남아있는 전송 채널을 사용하여 유지되어야 한다.

3.3.6 Class B AIS 정적 정보 보고(메시지 24)

Class B AIS 정적 정보 보고(메시지 24)의 A 파트와 B 파트는 Class B “CS” AIS 선박 이동 장비에 의해 사용되어야 한다. 본 메시지는 2개 파트로 구성되며, B 파트는 A 파트에 뒤따라 1분 이내에 송신되어야 한다. 메시지 24 번으로 Class B “CS”에 대한 질의가 있는 경우, 응답은 A 파트와 B 파트를 포함해야 한다.

<표 3-12> 메시지 24 : 정적 정보 보고, A파트

<Table 3-12> Message 24 : Static information report, A part

변수	비트수	설명
메시지 ID	6	메시지 24에 대한 식별자 : 항상 24
반복 지시자	2	메시지가 몇 번 반복되었는가를 지시하기 위하여 중계 장치에 의해 사용됨. 0~3범위, 0=기본, 3=더 이상 반복 없음
국소 ID	30	할당국의 MMSI
파트 번호	2	메시지 파트 번호 식별자, A 파트는 항상 “0”
이름	120	MMSI가 등록된 선박의 이름, 최대 20자 6 bits ASCII, @@@@@@@@@@@@@@@@@@ = 비활용 = 기본값, 수색구조용 항공기는 “SAR AIRCRAFT NNNNNN”로 설정되고 여기서 ” NNNNNN”은 항공기 등록번호이다.
총 비트수	160	하나의 시간 주기를 차지

<표 3-13> 메시지 24 : 정적 정보 보고, B파트

<Table 3-13> Message 24 : Static information report, B part

변수	비트수	설명
메시지 ID	6	메시지 24에 대한 식별자 : 항상 24
반복 지시자	2	메시지가 몇 번 반복되었는가를 지시하기 위하여 중계 장치에 의해 사용됨. 0~3범위, 0=기본, 3=더 이상 반복 없음
국소 ID	30	할당국의 MMSI
파트 번호	2	메시지 파트 번호 식별자, B 파트는 항상 “1”
선종 및 화물 종류	8	“0” : 비 활용 또는 선박 없음 =기본값 “1~99” : ITU-R M.1371-4의 부속서 8, 참조 “100~199” : 예비, 지역적인 사용 “200~255” : 예비, 미래 사용 수색구조용 항공기에 적용되지 않음
벤더 ID	42	제작자에 의해 정의된 것과 같이 숫자로서 장비를 식별할 수 있는 단일 부호, 선택사항 : “@@@@@@@ = 비 활용 = 기본값”
호출부호	42	MMSI가 등록된 선박의 호출부호, 7*6 bits ASCII 문자, “@@@@@@@ = 비 활용 = 기본값”
선박의 크기/ 위치기준 또는 비등록된 자선은 모선의 MMSI를 사용	30	선박의 크기는 m로, 보고된 위치에 대한 기준점은 ITU-RM.1371-4 부속서 8, 참조 등록되지 않은 자선은 관련된 모선의 MMSI를 사용, 수색구조용 항공기의 경우, 이 필드의 사용은 책임있는 주관청에 의해 결정될 수도 있다. 기본값으로서 “A=B=C=D”는 “0” 으로 설정되어야 한다.
여분	6	
총 비트수	168	하나의 시간 주기를 차지

제 4 장 Class B “CS” AIS 장치의 설계

4.1 변복조기 설계

4.1.1 변복조 기능

AIS 시스템은 선박이나 기지국에서 자신의 위치나 기타 다른 정보를 중앙관리의 필요 없이 상호간에 통신할 수 있게 한다. 이는 선박들이 상호간에 감시하고 충돌방지를 위한 적절한 행동을 취할 수 있게 하고 해상 안전을 증진시키는 결과를 가져온다. AIS 시스템은 일반적으로 해상 초단파 주파수 대역에서 GMSK 9,600 Baud 데이터링크를 사용한다. 구체적인 시스템 요구사항은 ITU-R M.1371에 상세히 기술되어 있다.

AIS 시스템은 두 개의 기본적인 채널 접속 메카니즘을 가지고 있다. 그 중의 하나는 자율인식의 시분할 다중화 접속방식이고, 다른 하나는 반송파 감지 시분할 다중화 접속방식이다. 이중 반송파 감지 시분할 다중화 접속방식은 Class B “CS” AIS 장치의 구현에 사용된다. 이는 Class B “CS” AIS 장치가 자신의 전송에 대한 슬롯 사용을 결정하거나, 다른 슬롯의 중단 및 선택 이전에 다른 AIS 장치로부터 기존 AIS 전송을 위해 한 슬롯의 첫 부분을 감시하는 것이 필요하다.

Class B “CS” AIS 장치의 구현을 위해 CML 마이크로회로 통신 반도체 회사에서 제공되는 "CMX7032" 모듈이 가장 적합한 것으로 선정되었다.

"CMX7032"는 두 개의 리미터, 주파수/위상 판별기를 가진 수신 경로와 하나의 I, Q, 또는, 두 점 변조를 가진 송신 경로로 구성되는 반복신 동작을 하도록 설계되어 있다. 수신 경로는 DSC 또는 AIS로 운용되도록 구성할 수 있고, 송신은 AIS 전용으로 구성된다. 이 모듈은 Training sequence의 검출, NRZI 변환, HDLC 처리와 같은 AIS 기능과 관련된 신호의 변복조를 해결할 수 있다. 또한

집적화된 송수신 데이터 버퍼가 제공될 뿐 아니라 다수의 보조 ADC와 DAC가 시스템 하드웨어 설계를 간편하게 하고 전체 장비의 비용과 크기를 줄일 수 있게 한다. 무엇보다도 앞서의 집적화된 변복조 기능이 마이크로프로세서에서 처리해야 할 많은 부분을 줄일 수 있기 때문에 선택하게 된 주요동기가 되었다.

"CMX7032"의 주요 사양을 살펴보면 각각 다음과 같다.

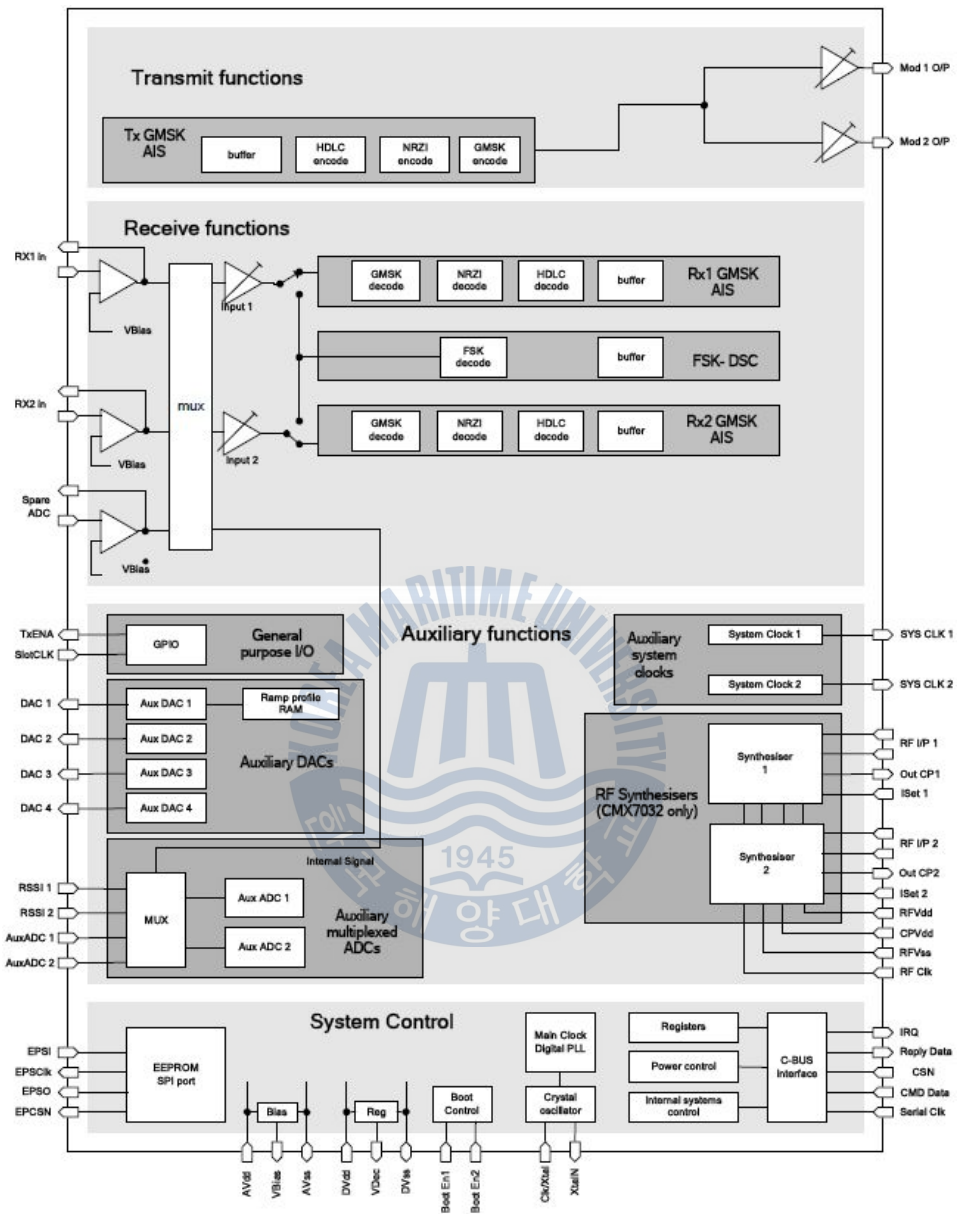
1) 송신 모뎀 기능

- ① AIS 25kHz 채널(GMSK, 9,600bps, 2.4kHz Deviation, B·T=0.4)
- ② 전체 AIS 프레임 형식의 AIS 버스트 모드(HDLC 형식)
 - 비트 채우기
 - NRZI 코딩
 - Training Sequence 및 시작/종료 플래그 삽입
 - CRC 발생
- ③ 보다 낮은 유통성을 위해 AIS 순수데이터 모드
 - 사용자 정의 프로토콜을 위해 대수적인 데이터 스트림을 제공한다.
- ④ Class B “CS” 채널 접속 기능
- ⑤ 150 Byte 송신 데이터 버퍼
- ⑥ 유동성 있는 송신 인터페이스
 - 독립적인 이득과 편파 제어를 가진 두 점 변조 출력
 - I/Q 상향 변환기 사용을 통한 I, Q 변조 출력

2) 수신 모뎀 기능

- ① 변조 형식의 구성
 - AIS 25kHz 채널(GMSK, 9,600bps, 2.4kHz Deviation, B·T=0.4)

- DSC (De-emphasised FSK, 1,200bps)



<그림 4-1> CMX7032 블록도

<Fig 4-1> CMX7032 block diagram

② 두 AIS 채널의 동시 수신 또는 하나의 AIS 채널과 하나의 DSC 채널의 동시수신

③ 전체 AIS 프레임 형식의 AIS 버스트 모드(HDLC 형식)

- 프레임 동기 인식
- Bit 제거
- NRZI 디코딩
- Training Sequence 및 시작/종료 플래그 검출
- CRC 점검

④ 보다 낮은 유통성을 위해 AIS 순수데이터 모드

- 사용자 정의 프로토콜을 위해 대수적인 데이터 스트림을 제공한다.

⑤ DSC 수신

- 순수 데이터 모드
- 형식화된 모드

⑥ 4개의 160 byte 수신 데이터 버퍼는 자동적으로 4개의 5슬롯 AIS 버스트를 저장할 수 있다.

⑦ 수신 신호 입력 이득과 편파 조정

⑧ TOA(Time Of Arrival) 보고는 GPS 부재시에 시간 유지를 지원한다.

⑨ 유동성 있는 송신 인터페이스

- 독립적인 이득과 편파 제어를 가진 두 점 변조 출력
- I/Q 상향 변환기 사용을 통한 I, Q 변조 출력

CMX7032는 논리적으로 두 개의 메인 장치로 나누어진다. 독립적으로 임무를 수신하고 수행할 수 있는 모뎀과 데이터 장치가 바로 여기에 해당한다.

모뎀 장치는 주로 모듈의 MOD1과 MOD2 핀에서 표현되는 Tx 데이터 버퍼로부터 송신 데이터를 처리하고 Rx 데이터를 복구하도록 Rx 입력 신호를 처리하여

여기에 사용되는 \$C8은 16 bits C-Bus "쓰기" 레지스터로 데이터 장치와 모뎀 장치 각각에 대한 작업 필드를 포함한다. 작업은 데이터 작업 필드와 모뎀 작업 필드에 코드를 써 넣음으로써 유발된다. 단일 C-Bus 쓰기 처리는 모든 명령어 레지스터 필드를 변경할 것이다. 가끔씩 마이크로프로세서가 모뎀 작업이나 데이터 작업의 하나만을 처리하고자 할 때, 다른 작업 필드는 "Null"이나 "Idle"에 해당하는 모두 "0"으로 설정한다. 데이터와 모뎀 작업이 동시에 진행되는 것이 유용할 때에는 항상 데이터 작업은 모뎀 작업이 시작하기 전에 완료된다. 특정 내장 보조 시스템은 특정 작업이나 명령어를 제시하지 않더라도 C-Bus 처리를 통해 직접 접속 및 제어될 수 있다.

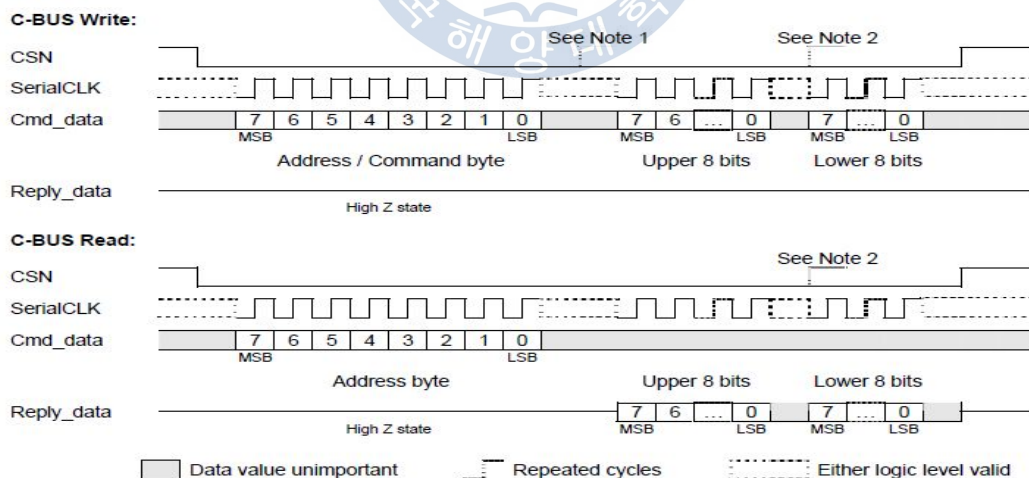


<그림 4-2>에는 변복조기 설계에 있어 핵심 소자로 선택된 CMX7032를 이용하여 하드웨어를 구성할 수 있도록 전압이나 기준 클럭의 인가와 같은 외부 소자의 연결을 보여주고 있다.

4.1.2 타이밍 및 동기

AIS 장치는 슬롯내에서 현재의 AIS 슬롯 번호와 위치를 추적해야 한다. 이것은 이론적으로 바른 시간에 송신이 발생하든지, 하드웨어가 Rx와 Tx 사이에 바르게 스위칭하든지 확신할 수 있게도 하지만, 주로 IF 증폭기 이전에 측정되는 RSSI(Received Signal Strength Indication)측정이나 수신기가 언제 전력절감 모드에 들어가고 다시 깨어나는지와 같은 스케줄 관리에도 유용하게 사용된다 [22].

Class B “CS” AIS 장치는 위성항법장치의 시간에 동기될 수도 있고, Class A AIS 장치나 기지국 AIS 장치로부터 AIS 버스트의 수신 시간에 동기시킬 수도 있다. 수신된 AIS 버스트에 의한 동기는 수신된 버스트가 기준 시간으로 사용될 수 있는 품질인지를 마이크로프로세서가 관리하는 것이 필요하다.



<그림 4-3> C-Bus 처리 타이밍

<Fig 4-3> C-Bus process timing

AIS 장치가 어떤 모드로 동작하던지 트랜스폰더로 사용되기 때문에 CMX7032는 마이크로프로세서로부터 SlotCLK 입력이 요구된다. 이는 상승 모서리가 AIS SlotCLK에 할당되는 최소 $50\mu s$ 길이 이상 되는 펄스이어야 한다. 모서리가 매 AIS 슬롯의 시작에서 요구되므로 이 신호의 주파수는 37.5Hz가 된다.

<그림 4-3>은 C-Bus 처리 타이밍으로 시리얼 클럭을 기준으로 C-Bus의 읽고 쓰기가 이루어지는 타이밍을 보여주고 있다.

CMX7032는 타이밍을 제공하는 마이크로프로세서를 지원할 수 있는 몇가지 특징을 가지고 있다. 이러한 특성 모두는 마이크로프로세서에서 CMX7032의 SlotCLK 핀에 제공되는 SlotCLK 신호를 바탕으로 한다. 모든 타이밍은 SlotCLK 신호의 상승 모서리를 기준으로 24kHz 펄스의 수로써 정의된다.

1) TOA(Time Of Arrival) 보고

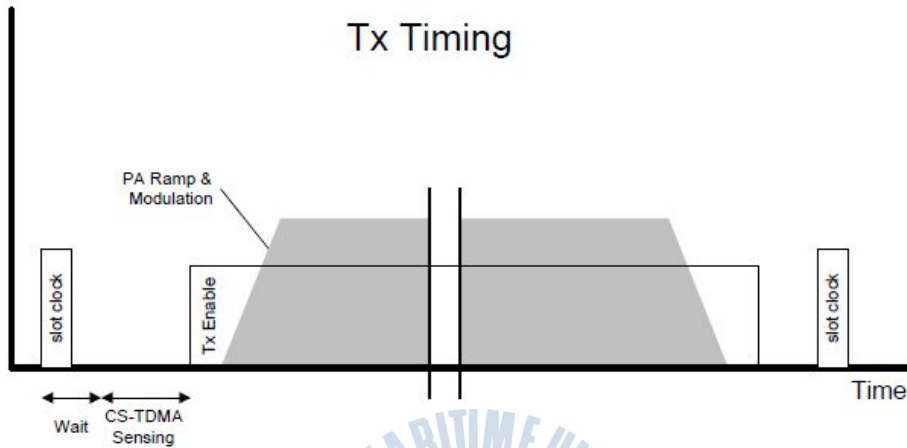
GPS는 TOA개념으로 사용자 위치를 결정한다. 다수의 위성으로부터 TOA의 측정이 이루어질 때 3차원 위치 결정까지 이루어질 수 있다[23]. CMX7032가 RxXB1/2 작업의 결과로서 버스트를 수신했을 때, TOA는 데이터 블록의 처음 4자의 하나로 표현된다. 이는 마지막 SlotCLK의 상승 모서리와 버스트 시작 플래그의 마지막 bit 검출 사이의 24kHz 펄스로 측정된 시간을 제공한다.

2) Tx 타이밍

CMX7032는 TXB나 TDBS 작업이 제시될 때, 일련의 이벤트를 수행하도록 구성할 수 있다. 이벤트에는 변조의 시작과 끝, RAMDAC(Random Access Memory Digital to Analog Converter)의 상승과 하강에 대한 경사주기, 디지털 출력 핀의 지정 및 해제, CSTDMA 센싱과 같은 것들이 있다. 이러한 이벤트 각각은 SlotCLK의 상승 모서리로부터 특정 지연이 발생하도록 구성될 수 있다.

송신이 이루어지는 과정은 <그림 4-4>와 같이 CSTDMA 감지가 활성화되면

선택된 채널에 대한 반송파 레벨을 측정하고, 만약, 반송파 레벨이 사용자가 지정한 임계치를 초과한다면 그에 따른 이벤트는 취소될 것이다.



<그림 4-4> 송신 버스트 타이밍

<Fig 4-4> Transmission burst timing

송신은 Tx 명령어와 타이밍을 불러와서 시작되며 시퀀스 도표는 다음의 시퀀스 시작 시간과 TxEnable의 설정하는 두 변수를 가지고 <표 4-1>과 같은 최대 8개의 이벤트까지 따를 수 있도록 구성할 수 있다.

시퀀스 시작 시간 변수

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	시퀀스 시작 시간							

TxEnable 설정 변수

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	POL

타이밍은 "Config Mode task Tx_Sequence"에 설정한다.

<표 4-1> 송신 이벤트

<Table 4-1> Transmission event

b3	b2	b1	b0	이벤트 ID	설명
0	0	0	0	Dummy	-
0	0	0	1	CSTDMA_START	CSTDMA 센싱 창 의 시작
0	0	1	0	CSTDMA_END	CSTDMA 센싱 창 의 끝
0	0	1	1	Tx_en_hi	TxEnable 핀을 "1"로 설정
0	1	0	0	RAMPDAC_UP	보조DAC1이 상향 경사 실행을 시작
0	1	0	1	MODULATE_START	데이터 변조의 시작
0	1	1	0	MODULATE_END	변조의 종료에서부터 지연
0	1	1	1	RAMPDAC_DOWN	보조DAC1이 하향 경사 실행을 시작
1	0	0	0	Tx_en_lo	TxEnable 핀을 "0"으로 설정
1	0	0	1	Dummy	-

부수적으로 따르는 8개의 이벤트는 표에서 선택되고 이벤트 ID와 타이밍 값의 두 자로 구성된다.

이벤트 ID

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0					이벤트 ID			

타이밍 값

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	타이머 값									

3) Rx 타이밍

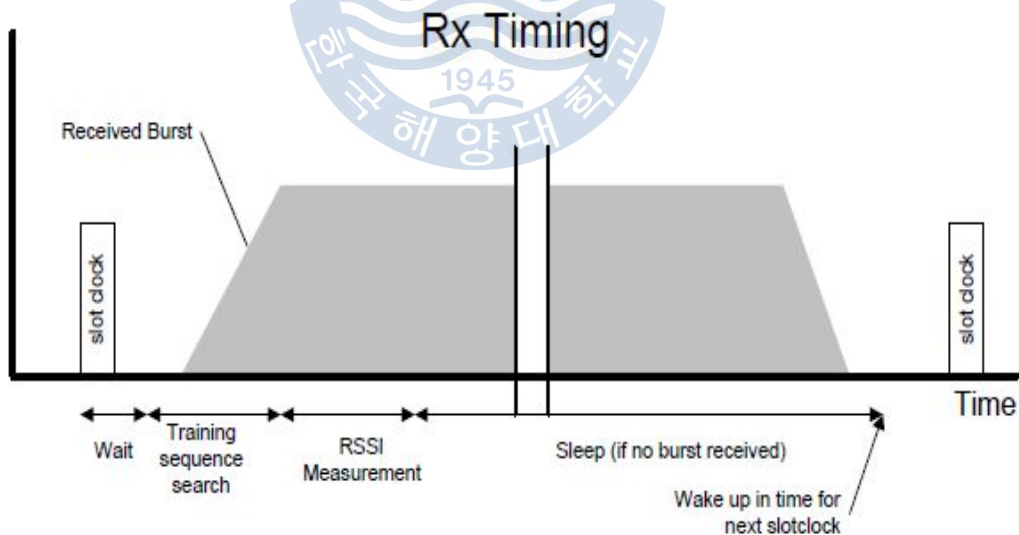
일반적으로 슬립 모드로 동작하지 않는다면 수신에서 복조기는 연속해서 동작하고 유효한 데이터가 수신될 때마다 수신 데이터 버퍼를 갱신을 지속하게

될 것이다. 그러나, CMX7032는 대부분의 시간을 "Asleep"모드로 소모하고 각 AIS 슬롯의 시작에서 "Wake-up"하고 버스트가 존재하는지를 결정하기에 충분한 시간동안 수신하는 전력저감모드를 가지고 있다.

일정의 버스트가 수신되지 않는다면 CMX7032는 한 쌍의 RSSI 측정을 수행하고 다시 "Sleep"으로 돌아간다. 전력절감모드는 모드 레지스터 "\$C1"의 Sleep Mode En bit를 사용하여 켜고 끌 수 있다. CMX7032는 "Asleep" 일 때에도 C-Bus 접속에는 응답한다. <그림 4-5>는 SlotCLK를 기준으로 버스트의 수신과 반송파 레벨의 측정, 슬립모드의 동작에 대한 타이밍을 보여준다.

RSSI 측정을 수행하는 시간, "Sleep"에 들어가고 "Wake-up" 시간은 마이크로프로세서에 의해 구성되고 모든 것은 SlotCLK 신호를 기준으로 한다. 타이밍은 "Sleep_Timing Config"작업을 통해 설정한다.

전력절감모드가 비활성 되었다면 복조기는 연속해서 가동하고 유효한 데이터가 수신될 때마다 Rx 데이터 버터를 갱신한다.



<그림 4-5> Rx 버스트 타이밍

<Fig 4-5> Rx burst timing

장치가 "Sleep"모드에 들어가고 복구되는 시간을 타이머 값을 불러 처리하게 되며 이 때의 설정 방법은 다음과 같다.

시작 시간

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	"Sleep" 시작 시간									

종료 시간

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	"Sleep" 종료 시간											

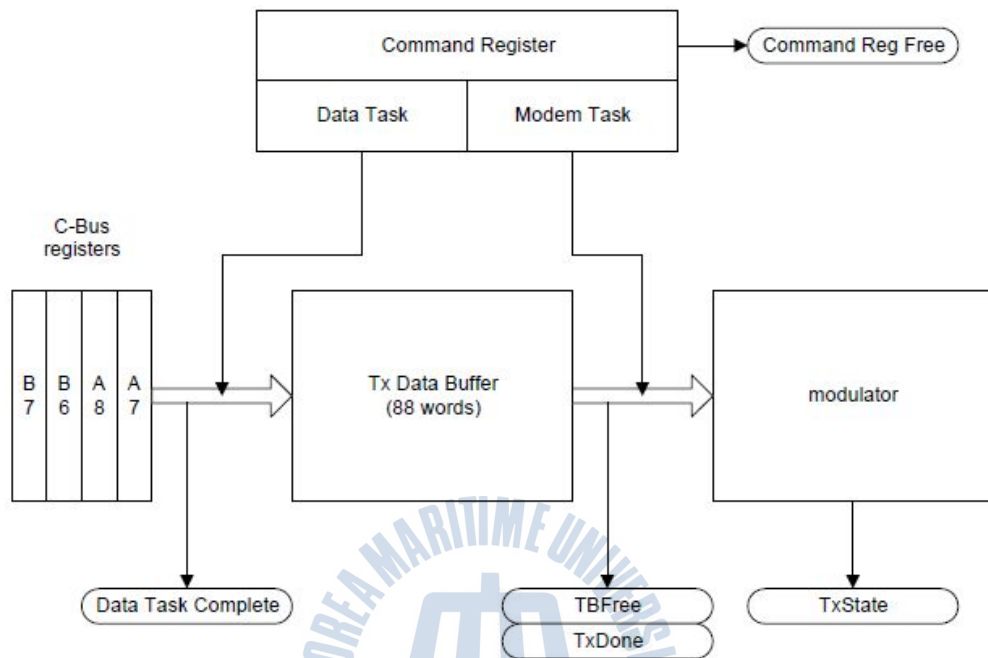
4.1.3 작업 운용

여기에서는 모뎀 작업과 데이터 작업에 대해 설명한다. 송수신 데이터는 이중으로 버퍼링된다. 송신 채널 또는 수신 채널 각각은 데이터 버퍼를 가지고 있다. 마이크로프로세서는 C-Bus 레지스터를 접속하고 변복조기는 직접 데이터 버퍼를 접속한다. 작업은 버퍼와 C-Bus 레지스터 사이에 데이터를 전송한다.

1) 송신 작업 운용

마이크로프로세서는 쓰기 데이터 C-Bus 레지스터에 전송을 위한 4자 까지의 데이터를 쓰고 특정 작업을 지정하는 명령어 레지스터에 쓰기를 한다. 이는 결과적으로 쓰기 데이터 레지스터에서 Tx 데이터 버퍼로 데이터를 전송하게 된다. 이러한 과정이 커다란 데이터 블록을 가지고 있는 Tx 데이터 버퍼를 불러 오기 위해서 반복될 수 있다. 모뎀 작업은 송신 변조기 펌프가 데이터 버퍼에 있는 데이터를 송신하도록 지시하는 것에 사용될 수 있다. 이는 Tx 데이터 버퍼의 내용이 부호화되고 CRC가 달리게 하고 MOD1과 MOD2의 출력 핀으로 전송

한다. 이러한 송신 작업 운용을 위한 일련의 과정을 <그림 4-6>에 나타내었다.

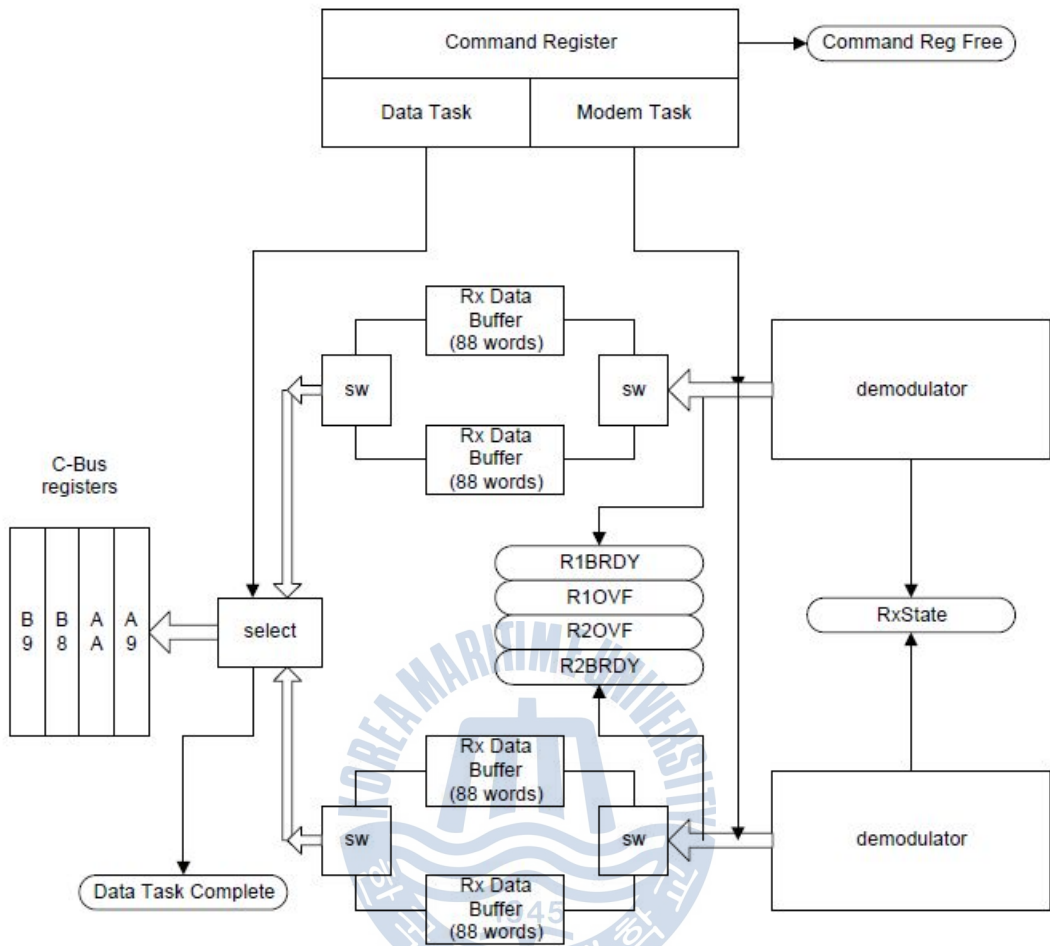


<그림 4-6> 송신 작업 운용

<Fig 4-6> Transmission work operation

2) 수신 작업 운용

모뎀 작업이 CMX7032로 하여금 Rx1/2 모뎀으로부터 Rx1/2 데이터 버퍼로 데이터를 전송하도록 지시한다. 마이크로프로세서는 특정 데이터 작업을 지정하는 명령어 레지스터에 쓰기를 한다. 이는 결과적으로 Rx1/2 데이터 버퍼로부터 읽기 데이터 C-Bus 레지스터에 4자 까지 전송하게 된다. 이러한 과정이 Rx1/2 데이터 버퍼로부터 커다란 데이터 블록을 마이크로프로세서에 전달되도록 반복된다. 이러한 수신 작업 운용의 일련의 절차는 <그림 4-7>에 나타내었다.



<그림 4-7> 수신 작업 운용

<Fig 4-7> Receiving work operation

4.1.4 RF 생성기

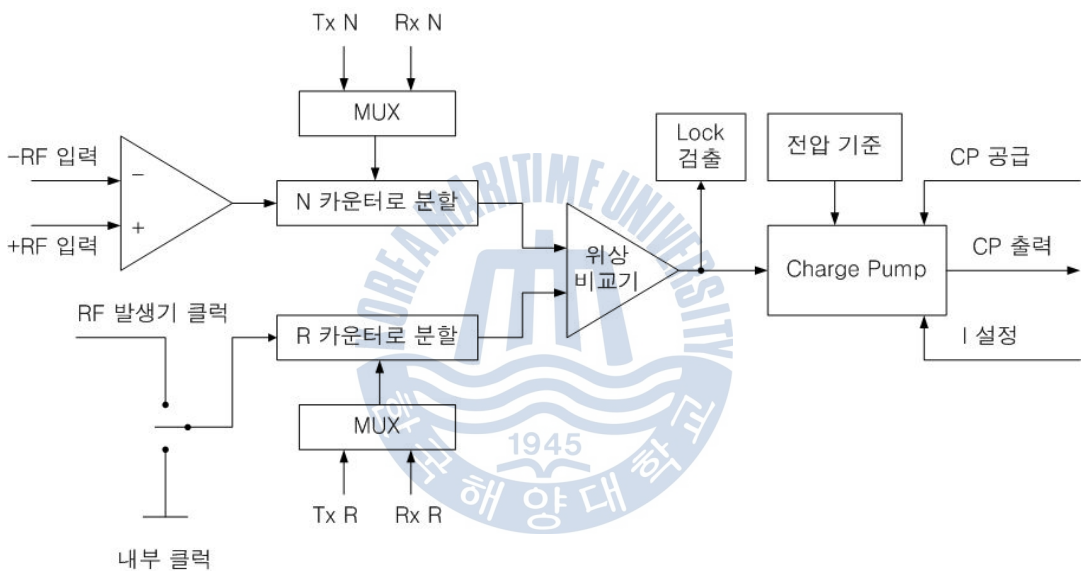
CMX7032는 내장된 두 개의 정수-N RF 생성기를 포함하고 있다. 이 RF 생성기를 통해 100MHz~600MHz까지의 주파수를 생성할 수 있고 그 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 두 개의 정수 N 발생기
- ② 유동성 있는 설계는 낮은 위상 잡음 결과에 대한 기준 잡음을 최소화시킨다.

RF 생성기의 구성을 살펴보면, <그림 4-8>의 블록도와 같이 분배기, 위상 변

별기, charge pump로 구성되고 분배기는 2열의 N과 R 레지스터를 가지고 하나는 송신에 다른 하나는 수신에 사용한다. 분배율을 C-Bus 레지스터에 의해 미리 설정될 수 있다. 단일 C-Bus 명령이 송신에서 수신까지 분배율을 변경할 것이다.

여기서 RF 생성기의 클럭은 CMX7032에 연결되는 것과 동일한 9.6MHz 또는 19.2MHz 클럭을 사용한다. RF 생성기 클럭은 두 채널 공동적으로 사용된다. Charge pump 전원 또한 두 채널 공통으로 사용한다.



<그림 4-8> 단일 채널 RF 발생기 블록도

<Fig 4-8> Single channel RF generator block diagram

실제 두 수신기 채널로의 입력은 일반적으로 CMX7032 모듈의 RX1IN과 RX2IN 핀으로 할당된다. 그러나, 이는 설계자가 C-Bus 레지스터 \$B1을 라우팅하는 입력신호를 사용함으로써 재할당할 수도 있다. 예비 ADC 핀 또한 필요하다면 수신기 입력으로 사용할 수 있다.

RF 생성기와 관련 CMX7032 모듈의 핀 할당에 대한 자세한 설명은 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> RF 생성기와 관련 CMX7032 핀 할당

<Table 4-2> CMX7032 pins assignment related to RF generator

번호	신호 이름	설명
1	RF1-	RF 생성기 No.1의 (-)입력
2	RF1+	RF 생성기 No.1의 (+)입력
3	RFVss	RF 생성기의 (-) 전원
4	CP1OUT	1차 Charge Pump 출력
5	ISET1	1차 Charge Pump의 전류설정 입력
6	RFV _{DD}	RF 생성기에 대한 +2.5V전압. 이것은 CMX7032 모듈 칩 가까이 실장된 캐패시터로 Decoupling하는 것이 필요
7	RF2-	RF 생성기 No.2의 (-)입력
8	RF2+	RF 생성기 No.2의 (+)입력
9	CP2OUT	2차 Charge Pump 출력
10	ISET2	2차 Charge Pump의 전류설정 입력
11	Charge Pump	Charge Pump에 대한 3.3V (+)공급. 이것은 CMX7032 모듈 칩 가까이 실장된 캐패시터로 RFVss에 Decoupling하는 것이 필요
12	CF Clock	RF 클럭 입력(두 RF 생성기와 공통)

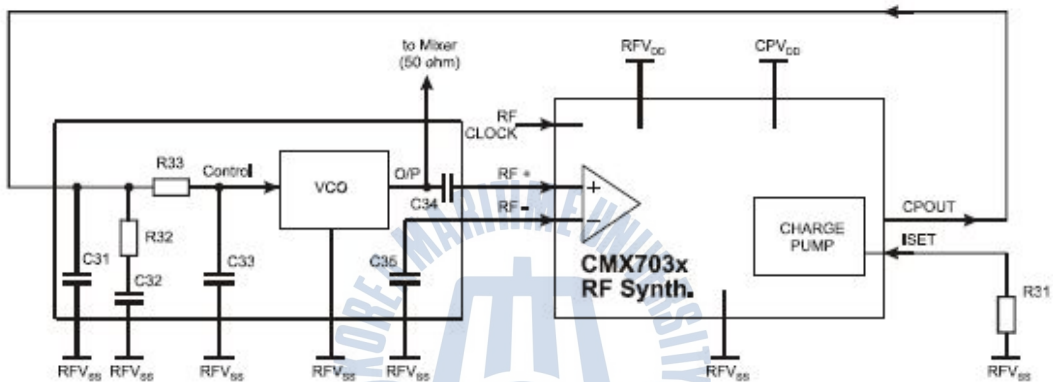
+/-RF 핀, CPout, Iset, RFVss은 채널 특성에 해당하고 상기 표에서 나타난 것과 같이 RF1+, RF1-, CP1OUT, ISET1, RFVss 또는 RF2+, RF2-, CP2OUT, ISET2, RFVss의 하나로서 지정된다.

CMX7032의 내장된 기능을 활용하여 RF 생성기를 설계하기 위해서 <표 4-2>와 같은 핀 할당과 <그림 4-9>와 같은 외부 VCO와의 연결이 이루어져야 한다.

<그림 4-8>에 표현되어 있는 것과 같은 송수신 모드에 대한 N과 R값은 채널 특성에 해당하고 C-Bus를 통한 마이크로프로세서에 의해 설정한다. 이처럼

다양한 채널 특성과 C-Bus를 통해 접속된다. N 카운터의 분배기는 20 bits이고 R 카운터는 13 bits이다.

두 주파수 생성기는 외부의 VCO(Voltage Controlled Oscillator)와 Loop 필터를 사용하는 동일한 디자인의 PLL(Phase Locked Loop)이다. 여기서, VCO는 사용되는 분배율이 우수한 잡음원이 기준 발진기가 되는 결과를 낳기 쉬울 지라도 좋은 위상 잡음 성능을 가질 필요가 있다.



<그림 4-9> RF 발생기의 설계

<Fig 4-9> The design of RF synthesizer

위상 검출기는 loop 필터에 수동소자만을 요구하는 고 임피던스 Charge pump 출력을 가진 위상-주파수의 것이다. 고정 검출 기능은 각각의 생성기에 내장되어 있고 C-Bus를 통해 상태가 보고된다. 고정 범위 밖의 변위는 마이크로프로세서에 C-Bus Interrupt를 통해 검출되고 통신된다.

주파수 비교의 단위 크기 또한 프로그램 된다. 이는 위상 잡음의 효과를 최소화시키기 위해 가능한 한 높게 유지되어야 한다. 이 값은 낮게는 2.5kHz에서 높게는 200kHz까지 설정될 수 있는데 위상비교기의 성능에 의해서만 제한된다.

각 주파수 생성기의 주파수는 두 개의 레지스터에 의해 설정된다. "R"레지스

터는 입력 기준 주파수에 대한 비교 주파수의 분배율을 설정하고 "N" 레지스터는 외부 VCO로부터 요구되는 생성 주파수에 대한 비교 주파수의 분배를 설정한다.

다음 식은 요구되는 생성 주파수(F_s)를 나타낸다.

$$F_s = (N/R) \times F_{REF} \quad (4-1)$$

여기서 F_{REF} 는 선택된 기준 주파수를 나타낸다.

4.1.5 아날로그 I/O 기능

① 보조 ADC 시스템

- 집적화된 샘플과 고정 기능을 가진 2개의 10 bit 연속 근사 ADC
- 하나의 보조 ADC가 사용자 지정창에서 RSSI 측정으로 전용되고 다른 하나는 일반적으로 사용될 수 있다.

② 보조 DAC의 Damping

- 특정 상승/하강 DAC 출력 신호를 개발하기 위하여 DAC 출력 값의 사용자 구성 시퀀스를 통해 DAC를 나열한다. 이는 RF 종단증폭의 Damping에 유용하게 사용되고 버스트의 시작과 끝에서 자동적으로 발생되도록 구성할 수 있다. 또한, 필요하다면 일반적인 목적으로도 운용될 수 있다.

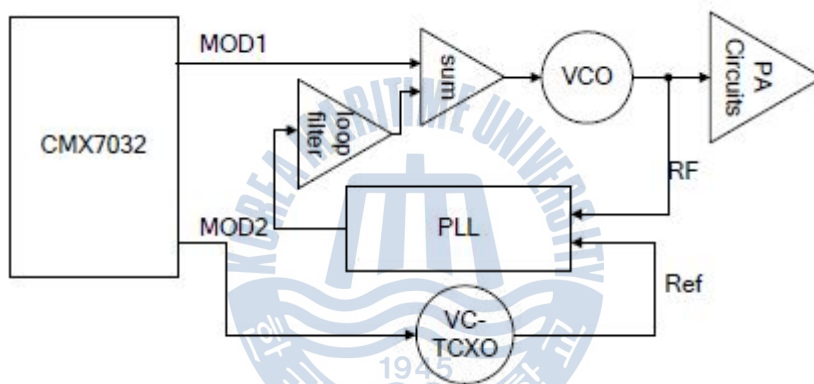
- 세 개의 일반적인 목적의 DAC

4.2 RF 설계

4.2.1 기능별 구현

1) 변조 모드

AIS system에 적용되는 GMSK 변조는 낮은 주파수 부분 (DC에 가까운)에 중요한 정보가 위치하는데, 이것은 일반적인 PLL의 대역폭으로 인해 적당한 변조기의 설계를 어렵게 하는 원인이 된다. 이런 문제를 해결하기 위한 방안으로 Two-point 변조를 적용하였는데, <그림 4-10>과 같이 복수의 변조 입력을 두어 기준신호 자체를 변조하게 된다.



<그림 4-10> Two-point 변조기 설계

<Fig 4-10> Two-point modulator design

2) VCO

도시바사 JDV2S08S Varactor Diode를 사용하여 캐패시턴스의 변화에 의한 위상과 주파수의 설정 및 변경이 가능하도록 하였고, 시험 결과 안정된 주파수와 양호한 위상잡음 특성을 얻었다.

Varactor Diode는 직류 바이어스 전압에 의해 리액턴스가 변하는 소자이다. Varactor Diode는 주파수 가변속도가 빠르고 소형이기 때문에 고조파 발생기, 검파기 등에 널리 사용되고 있다[24].

또한 Loop filter는 damping과 작동 주파수 대역을 가능한 증가시키도록 설계하였다.

3) Driver & Power AMP

VCO에서 생성된 낮은 레벨의 신호를 2watt 정도의 높은 출력으로 안정적으로 증폭한다. 시험 결과 33dB 정도의 Gain과 10dB 이하의 입, 출력 Return Loss 특성을 얻었다.

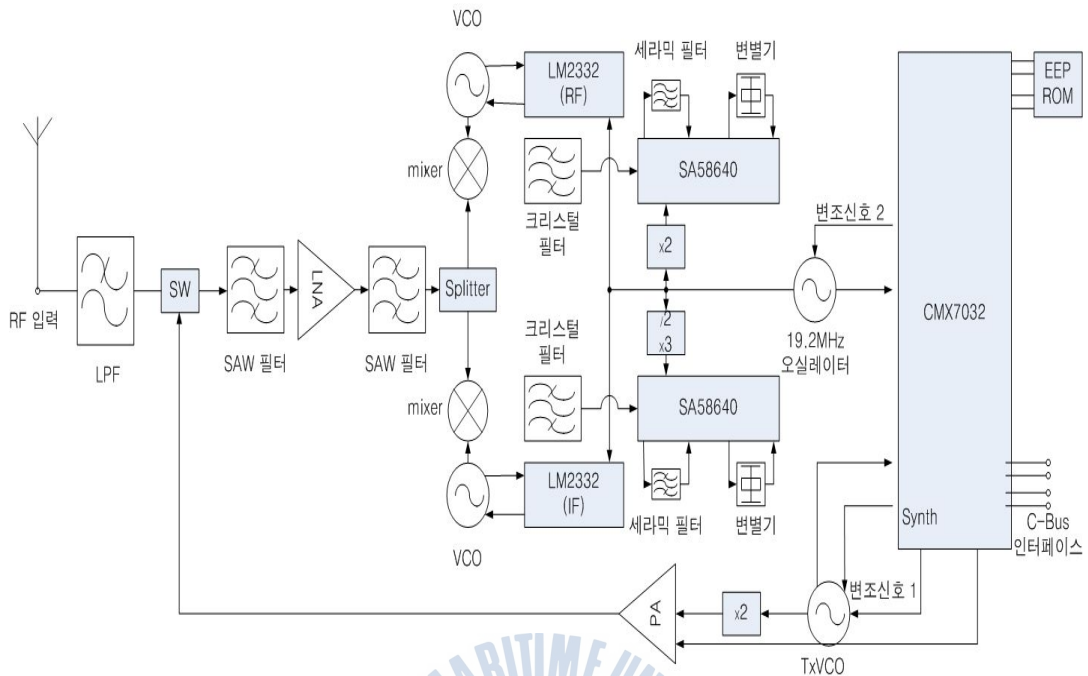
4) LPF

출력 파형에 포함된 Harmonic 성분의 제거를 위하여 저지대역에서 높은 Rejection을 제공하는 Low Pass Filter로, High-Q 특성을 제공하는 Coilcraft사와 온도특성이 양호한 Murata사의 제품을 사용하여 설계하였다. 시험 결과 2nd, 3rd 등에서 50dB 이상의 Rejection 특성을 얻었다.

4.2.2 RF 회로 설계

4.2.1에서 설명한 것과 같이 Class B “CS” AIS 장치의 RF부 설계의 각 요소에 대한 기능을 통합하여 하나의 독립 보드로써 설계가 이루어졌다. 변복조 조 기능 및 하위 계층의 소프트웨어 구현 등과 같이 많은 부분의 기능이 함축되어 있는 CMX7032를 중심으로 기준 오실레이터로 19.2MHz 오실레이터가 연결되고 FM 변별기로 필립스의 SA58640이 설계에 사용되었다.

Toshiba사 JDV2S08S Varactor Diode가 외부 VCO에 연결되어 <그림 4-11>과 같이 CMX7032에서 변조된 신호가 하나는 19.2MHz의 마스트 오실레이터에 다른 하나는 VCO의 입력에 연결시켜 Two-point 변조가 이루어지도록 구성하였다. 외부 인터페이스로는 마이크로프로세서와의 연결을 위한 C-Bus 인터페이스와 외부 데이터의 입력을 위한 EEPROM이 <그림 4-11>에 포함되어 있다.



<그림 4-11> Class B “CS” AIS 장치 RF 블록도

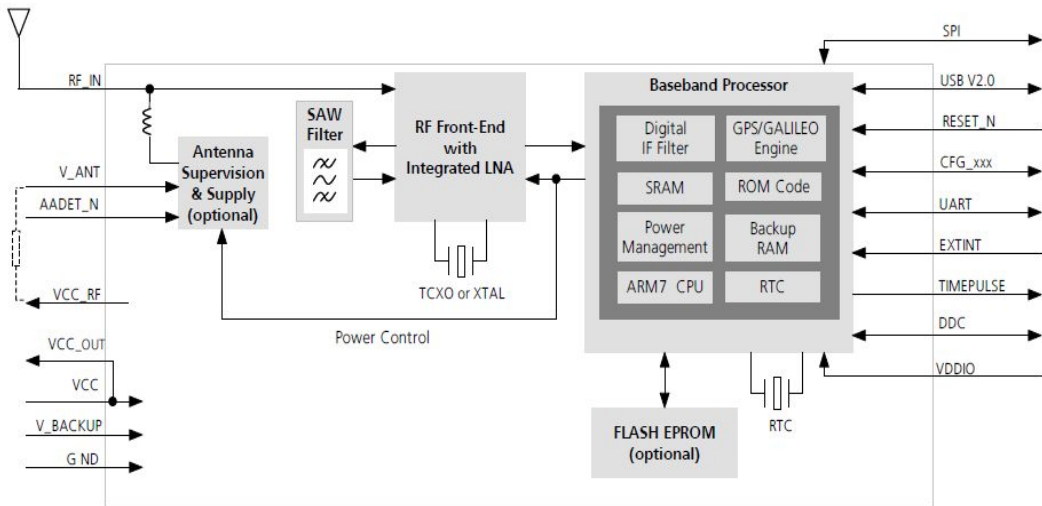
<Fig 4-11> RF block diagram of the class B “CS” AIS device

4.3 GPS 수신기

GPS 수신기를 위한 칩셋은 전 세계적으로 일체형의 U-Blox와 Suffer사에서 제공되는 모델이나, GEC Plessey사와 같은 RF/IF 변환부, 아날로그 디지털 변환부, 신호처리 장치를 별도로 공급하는 모델 등이 사용되고 있다[25]. 본 연구에서는 향후 AIS의 발전 가능성과 위성항법시스템의 미래성을 고려하여 GPS 위성과 Galileo 위성을 사용할 수 있는 U-blox사의 LEA-5 칩셋을 사용하였다.

GPS 신호의 경우, L1(1,575.42MHz), L2C(1,227.60MHz), L5(1,176.45MHz)와 Galileo 신호의 경우, E1(1,575.42MHz), E5a(1,176.45MHz) 에서의 항법신호에 대한 신호처리 결과 중 GPS L2C 및 Galileo E5a 신호에 대해서는 국내에서도

-142dBm 레벨의 신호 획득이 정상적으로 이루어짐이 확인된 바 있다[26].



<그림 4-12> GPS 수신기 블록도

<Fig 4-12> GPS receiver block diagram

LEA-5 칩셋은 <그림 4-12>와 같이 저잡음 필터가 내장된 RF-front-End와 함께 기저대역 프로세서가 포함되어 있어, ARM7 프로세서가 디지털 IF 필터의 구현과 GPS/Galileo 엔진의 기능을 구현하고 인터페이스를 제공한다.

LEA-5 칩셋은 1백만 이상의 효율적인 Correlator를 통해 32 채널을 획득할 수 있는 엔진은 우수한 병렬 검색을 할 수 있게 하고 최초 고정 시간을 1초 이하로 할 수 있다.

천문력과 책력, 대략적인 마지막 위치와 시간 위성상태, 선택적인 시간 동기 신호와 같은 도움을 제공할 수 있는 정보의 제공은 초기 고정 시간을 현저하게 줄일 수 있고, 획득 감도도 향상시킨다. 제조사에서는 이와같은 기능을 A-GPS 라 정의하고 기능을 제공한다.

LEA-5 칩셋은 또한 GPS와 Galileo 신호를 동시에 수신하여 정확도와 수신범위에 대한 성능을 향상하였으며, 내장된 플래시 메모리에 간단한 갱신과정을

거치면 수신과 신호처리가 가능해진다. 현재는 Galileo 위성의 L1 신호만이 활용 가능한 것으로 파악되고 있다.

<표 4-3> LEA-5 GPS 칩셋 사양

<Table 4-3> LEA-5 GPS chip-set specifications

변수	사양
수신기 형태	50 채널 GPS L1 주파수, C/A 코드 Galileo 개방 서비스 L1주파수
초기 고정시간	Clod Start < 32s Warm Start < 32s Hot Start < 1s A-GPS < 3s
감도	추적 및 항행 160dBm 재획득 160dBm Cold Start 143dBm
수평 위치 정확도	자동 < 2.5m SBAS < 2m
시간 펄스 신호의 정확도	RMS 30ns 99% < 60ns 보상 15ns 시간 펄스 : 0.25~1,000Hz 구성가능
최대 항해 갱신율	4 Hz
속도 정확도	0.1 m/s
선수방위 정확도	0.5°
이동성	≤ 4g
운용 제한	515m/s(1,000 노트)

본 논문에서 사용한 LEA-5 GPS 칩셋에 대한 사양을 살펴보면 <표 4-3>과 같다.

LEA-5 GPS 칩셋을 사용하여 Class B “CS” AIS 장치를 설계할 때 가장 중요한 것은 인터페이스에 대한 설계이다. LEA-5H에 대한 인터페이스 설계중 칩셋이 제공하는 기본 사양을 살펴보면 <표 4-4>와 같다.

<표 4-4> GPS 수신 칩셋에서 활용 가능한 프로토콜

<Table 4-4> An available protocols from the GPS receiver chip-set

인터페이스	설정
시리얼 포트 1 출력	9,600 Baud, 8 Bits, No Parity Bit, 1 Stop Bit. NMEA와 UBX 프로토콜 모두 송신으로 구성. 다음의 NMEA만 기동 이후에 활성화 됨. GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG, TXT[27].
USB 출력	NMEA와 UBX 프로토콜 모두 송신으로 구성. 다음의 NMEA만 기동 이후에 활성화 됨. GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG, TXT
시리얼 포트 1 입력	9,600 Baud, 8 Bits, No Parity Bit, 1 Stop Bit. 명백한 구성없이 다음의 프로토콜은 자동 수신. NMEA, UBX
USB 입력	9,600 Baud, 8 Bits, No Parity Bit, 1 Stop Bit. 명백한 구성없이 다음의 프로토콜은 자동 수신. NMEA, UBX
Time 펄스	초당 1 펄스, 상승 모서리에 동기. 펄스 길이 100ms

제 5 장 Class B “CS” AIS 장치의 제작 및 성능 검증

5.1 GPS 수신기 제작

본 연구에서는 일반적으로 구매 가능한 GPS 안테나의 설계를 제외하고, GPS 수신기의 설계에서부터 독립적인 Class B “CS” AIS 장치의 설계가 이루어졌으며, 제4장에서 다루었던 LEA-5H GPS 수신 칩셋을 활용하여 <그림 5-1>과 같이 GPS 수신기를 제작하였다.



<그림 5-1> 제작된 GPS 수신기

<Fig 5-1> Manufactured GPS receiver

실험을 위해 단위 모듈별로 제작된 GPS 수신기는 <그림 5-1>에서 보여지는 것과 같이 시리얼 포트와 USB 포트 등과 같은 출력 포트를 가지고 있으나, 실제 시스템 통합 시에는 이를 직접 프로세서에 연동할 수 있도록 보드상에 패턴으로서 설계된 것이다.

GPS 수신기를 통해서 획득할 수 있는 정보는 제4장에서 설명된 바와 같이

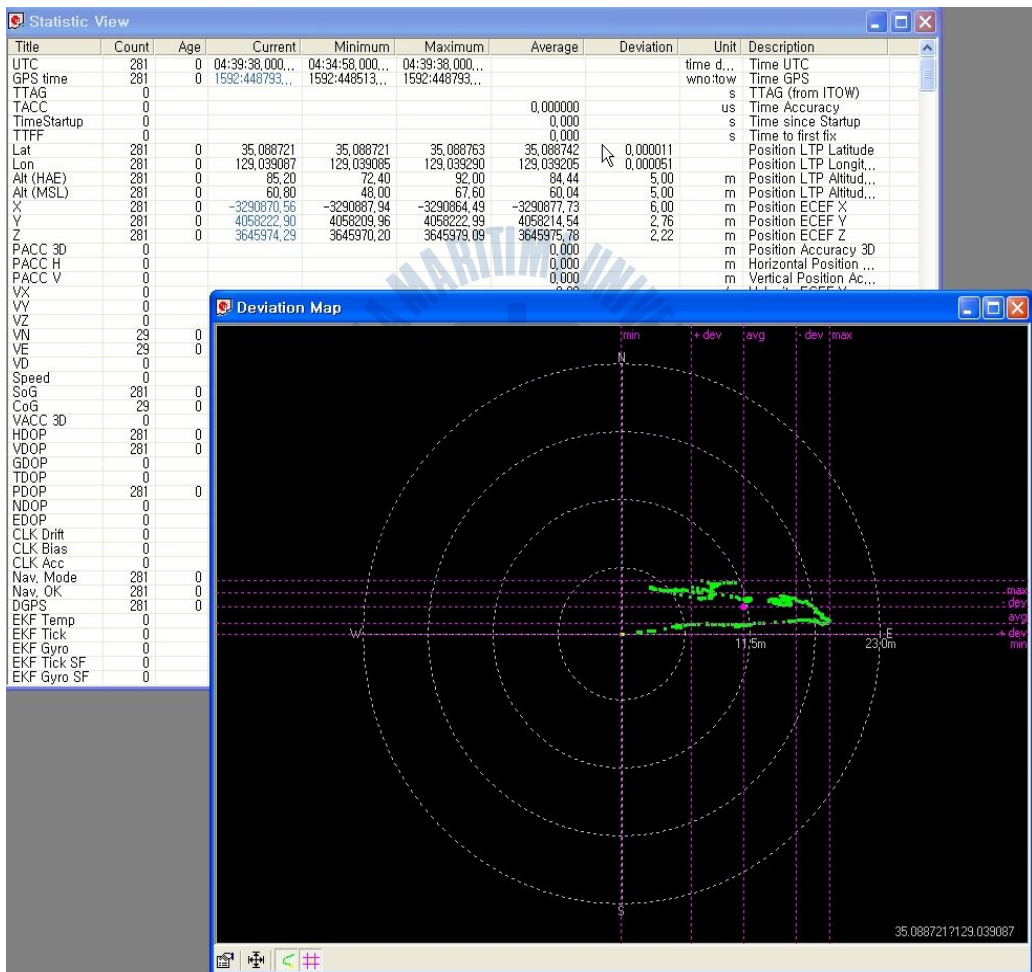
NMEA 프로토콜로 이의 정보는 동기를 위한 시간정보와 위치정보가 활용된다.
 <표 5-1>은 제작된 GPS 수신기를 통해 출력된 다양한 형태의 NMEA 프로토콜을 나타낸다.

<표 5-1> GPS 수신기로부터의 NMEA 출력

<Table 5-1> NMEA output from GPS receiver

20110128 15:07:54 \$GPGSV,4,2,13,08,32,073,42,10,25,076,41,15,36,230,45,21,09,314,31*7B
20110128 15:07:54 \$GPGSV,4,3,13,26,79,232,47,27,09,181,35,29,33,276,43,42,48,161,39*7D
20110128 15:07:54 \$GPGSV,4,4,13,50,46,153,39*41
20110128 15:07:54 \$GPGLL,3505.32583,N,12902.33659,E,060753.00,A,D*65
20110128 15:07:54 \$GPRMC,060754.00,A,3505.32584,N,12902.33657,E,0.012,,280111,,D*7A
20110128 15:07:54 \$GPVTG,,T,,M,0.012,N,0.023,K,D*24
20110128 15:07:54 \$GPGA,060754.00,3505.32584,N,12902.33657,E,2,11,0.75,30.8,M,24.4,M,,*63
20110128 15:07:54 \$GPGB,A,3,02,26,29,05,07,08,04,10,27,21,15,,1.34,0.75,1.11*07
20110128 15:07:54 \$GPGSV,4,1,13,02,46,141,44,04,13,137,42,05,62,027,45,07,15,044,41*7C
20110128 15:07:55 \$GPGSV,4,2,13,08,32,073,42,10,25,076,41,15,36,230,45,21,09,314,31*7B
20110128 15:07:55 \$GPGSV,4,3,13,26,79,232,47,27,09,181,35,29,33,276,43,42,48,161,39*7D
20110128 15:07:55 \$GPGSV,4,4,13,50,46,153,40*4F
20110128 15:07:55 \$GPGLL,3505.32584,N,12902.33657,E,060754.00,A,D*6B
20110128 15:07:55 \$GPRMC,060755.00,A,3505.32585,N,12902.33654,E,0.006,,280111,,D*7C
20110128 15:07:55 \$GPVTG,,T,,M,0.006,N,0.011,K,D*20
20110128 15:07:55 \$GPGA,060755.00,3505.32585,N,12902.33654,E,2,11,0.75,30.8,M,24.4,M,,*60
20110128 15:07:55 \$GPGB,A,3,02,26,29,05,07,08,04,10,27,21,15,,1.34,0.75,1.11*07
20110128 15:07:55 \$GPGSV,4,1,13,02,46,141,44,04,13,137,42,05,62,027,45,07,15,044,41*7C
20110128 15:07:56 \$GPGSV,4,2,13,08,32,073,42,10,25,076,41,15,36,230,45,21,09,314,31*7B
20110128 15:07:56 \$GPGSV,4,3,13,26,79,232,47,27,09,181,35,29,33,276,43,42,48,161,39*7D
20110128 15:07:56 \$GPGSV,4,4,13,50,46,153,40*4F
20110128 15:07:56 \$GPGLL,3505.32585,N,12902.33654,E,060755.00,A,D*68
20110128 15:07:56 \$GPRMC,060756.00,A,3505.32587,N,12902.33649,E,0.009,,280111,,D*7E
20110128 15:07:56 \$GPVTG,,T,,M,0.009,N,0.017,K,D*29
20110128 15:07:56 \$GPGA,060756.00,3505.32587,N,12902.33649,E,2,11,0.75,30.8,M,24.4,M,,*6

<표 5-1>의 GPS 수신기로부터 출력되는 NMEA 데이터는 디코딩 과정을 통해 필요로 하는 시간정보, 위치정보 뿐 아니라 <그림 5-2>와 같이 다양한 정보를 확인해 볼 수 있다. 시험을 통해 확인된 GPS 수신기의 고정 에러는 약 15m.0에 해당되는 것으로 시스템 구축에는 문제가 없는 것으로 파악된다. <그림 5-2>는 바탕에 텍스트로서 디코딩한 결과가 보여지고, 앞쪽의 그림에서 두 번째 작은 원이 11.5m를, 제일 바깥쪽 원이 23.0m 오차를 나타내고 있다.



<그림 5-2> GPS 수신기로부터의 NMEA 출력 디코딩 결과

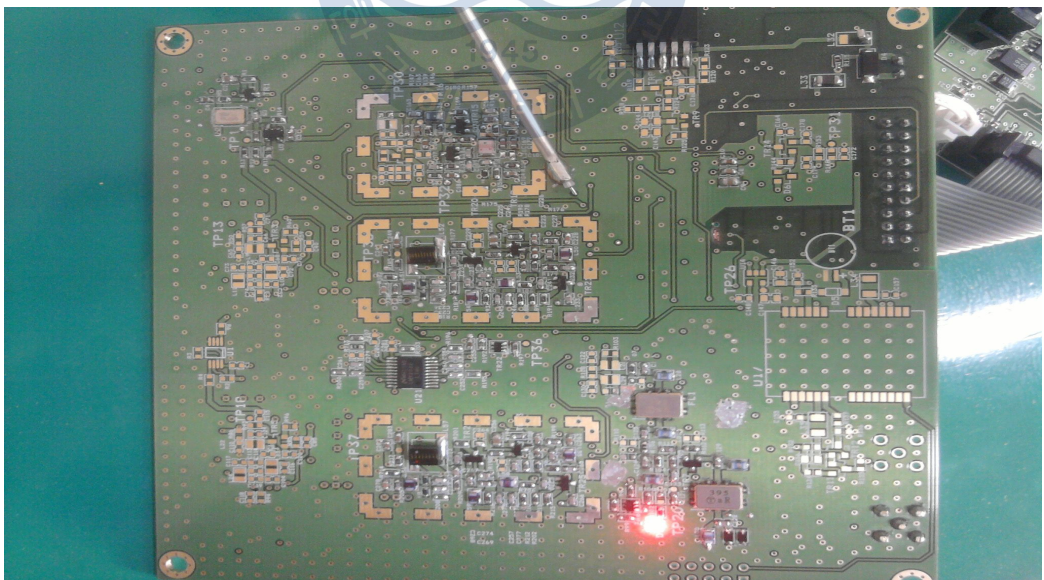
<Fig 5-2> Decoding results of NMEA output from a GPS receiver

5.2 송수신 모듈의 제작

송수신 모듈의 제작은 제2장에서 설명된 것과 같은 Two-point 변조기법을 적용하였으며, HDLC 하위계층의 대부분 프로토콜이 포함되어 있는 CMX7032를 사용하고 내장된 AD 변환기 및 주파수 생성기를 활용한 최소의 모듈을 설계 제작하였다.

<그림 5-3>에서 보여지는 것과 같이 2개 수신기가 동일하게 구성되어 AIS1(161.975MHz)와 AIS2(162.025MHz)의 두 채널을 전용 수신할 수 있도록 구성되었으며, 이 중 한 채널은 DSC 채널70(156.525Hz)을 통해 수신될 수 있는 제어 메시지를 감시할 수 있게 하였다.

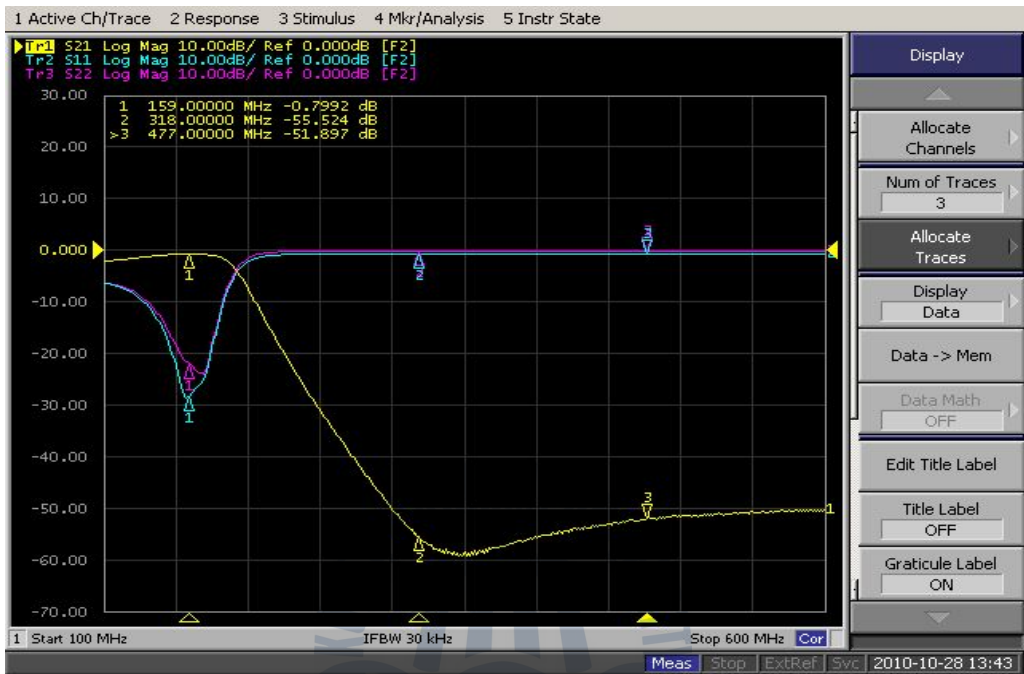
사용된 CMX7032는 DSC 프로토콜에 대한 디코딩 기능 또한 포함되어 있으며, 송신에서는 CMX7032에 내장된 AIS 프로토콜의 하위계층을 담당하고 송신경로 구성에 필요한 PLL, 종단 증폭기, 저대역 필터 등을 구성하여 RF 성능을 만족하도록 하였다.



<그림 5-3> 제작된 송수신 모듈

<Fig 5-3> Manufactured transceiver module

송수신부에 대한 각 기능별 성능을 살펴보면 <그림 5-4>, <그림 5-5>, <그림 5-6>과 같다.



<그림 5-4> 송신 Harmonic 필터 특성

<Fig 5-4> Transmission harmonic filter characteristics

<그림 5-4>는 네트워크 분석기를 통한 S11, S21, S22의 측정이 이루어졌다. S21은 필터의 통과특성을 나타내는 것이고, S11은 필터 전단에 대한 반사손실을, S22는 필터 후단에 대한 반사손실을 나타낸다.

<그림 5-4>에서 보는바와 같이 기본 주파수인 159MHz 부근에서 삽입손실은 -0.7992dB로 극히 낮은 값을 갖는 반면에 2차배인 318MHz에서 -55.524dB의 제거특성과, 3차배인 477MHz에서 -51.897dB의 제거특성을 보내 Harmonic 필터로서의 양호한 특성을 나타내었다.



<그림 5-5> 종단 증폭기 특성

<Fig 5-5> Final amplifier characteristics

<그림 5-5>은 네트워크 분석기를 통해 종단증폭기의 S11, S21, S22의 측정이 이루어졌다. <그림 5-5>에서 S21은 증폭기의 이득을 나타내는 그래프이고 S11은 입력 반사손실을, S22는 출력 반사손실을 나타낸다.

먼저, S21의 이득에서 보여지는 것과 같이 마크 주파수인 156MHz~162MHz까지의 AIS 장치가 이용할 수 있는 해상이동업무용 초단파 주파수 대역에서 최대 31dB의 증폭 특성을 나타내었고, S22 그래프가 나타내는 것과 같이 출력 반사손실이 같은 주파수 대역에서 가장 낮게 나타남을 알 수 있다. 이는 출력단과 안테나의 매칭에 영향을 미칠 수 있으며, 입력 반사손실인 S11은 전체 주파수 범위에서 평탄한 특성을 보인다.

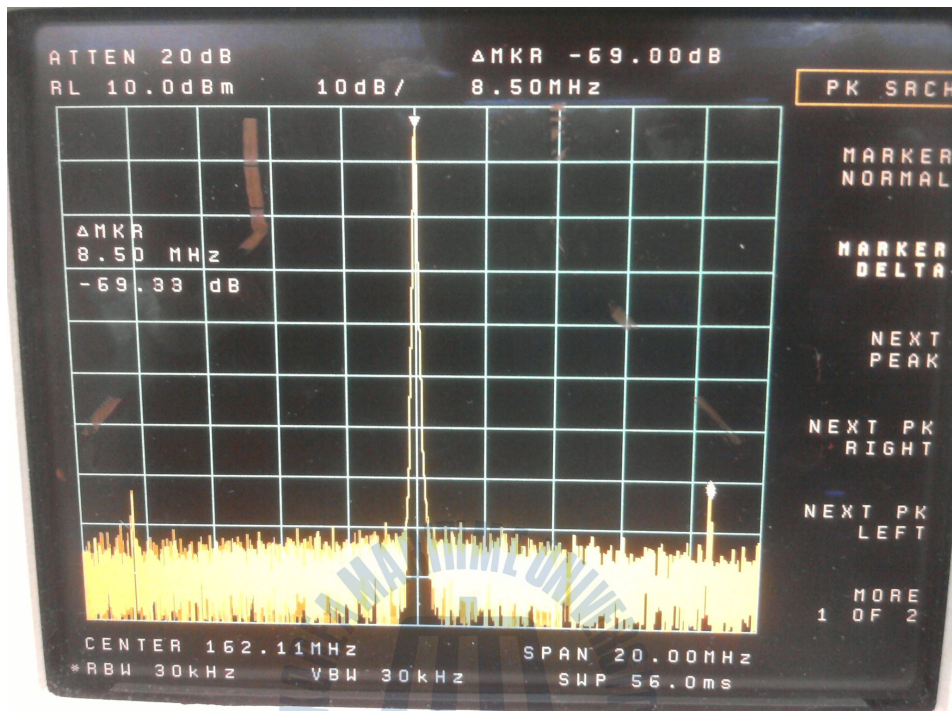


<그림 5-6> GMSK 변조 스펙트럼
<Fig 5-6> GMSK modulation spectrum

ITU-R M.1371-4에서 $\pm 10\text{kHz}$ 이내에서 25dBc, $\pm 25\text{kHz}$ 이상 $\pm 62.5\text{kHz}$ 이내에서 70dBc의 스펙트럼 마스크를 요구한다. 측정된 결과는 <그림 5-6>에서와 같이 AIS 2 채널(162.025MHz)을 대상으로 하였고, 스펙트럼 마스크의 측정을 위해 “010101...” 데이터의 연속적인 변조와 연속 송신을 통해 측정이 이루어졌다.

스펙트럼 마스크는 일반적인 $27\mu\text{s}$ 의 송신주기에 대해 스펙트럼 분석기의 영상 분해능으로 이를 획득하기 힘들고, 스펙트럼 분석기의 최대치 고정 기능을 활용할 지라도 송신주기가 3분 이상에 해당하는 신호를 분석하기에는 어려움이 있다. 따라서 측정을 위한 연속신호를 생성해서 지속적으로 같은 신호를 발사하고 이를 측정하는 방법이 선택되었다. 연속송신이 이루어지는 동안에 <그림 5-6>에서 보여지는 것과 같이 마크 주파수가 12.5kHz에서 -67.33dB가 측정되었고 $\pm 10\text{kHz}$ 부근에서 43dBc, $\pm 25\text{kHz}$ 이상 $\pm 62.5\text{kHz}$ 이내에서 최대 75dBc 이상

의 우수한 특성을 확인할 수 있었다.



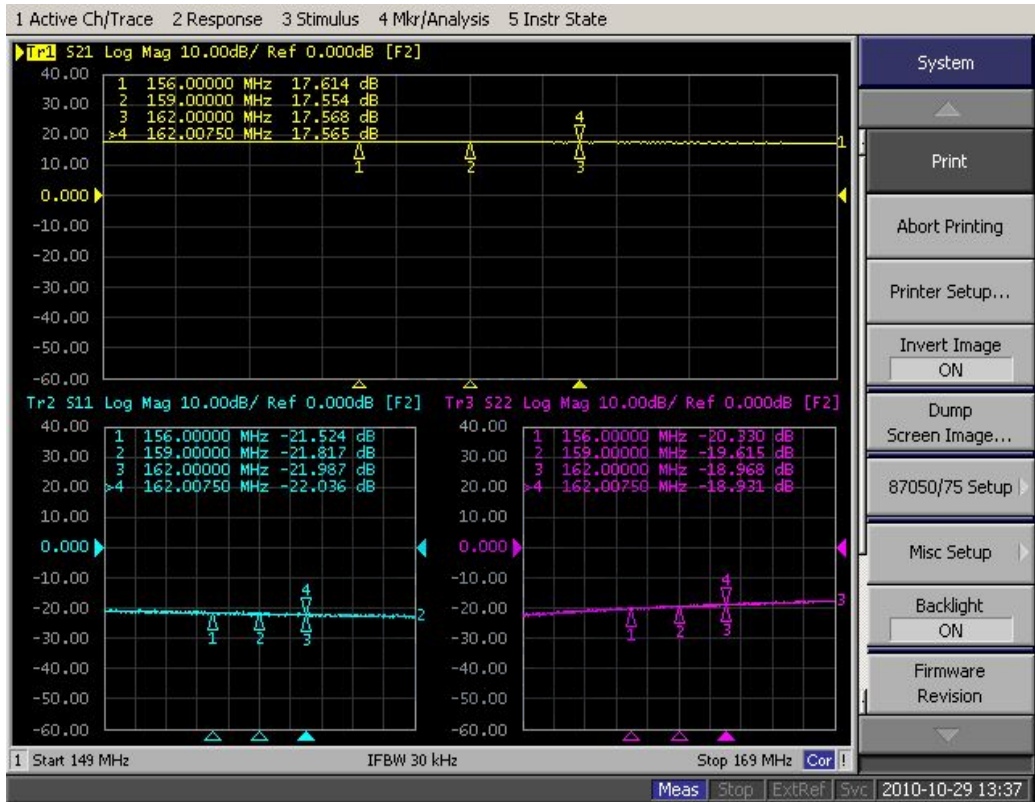
<그림 5-7> 제작된 시제품의 연속송신에 대한 스퓨리어스 발사

<Fig 5-7> Spurious emission against the continuous transmission of a manufactured prototype

스푼리어스 발사 특성은 <그림 5-7>과 달리 무변조 반송파의 연속송신에 의해 측정이 이루어져야 한다. 따라서, 기본적인 Class B “CS” AIS 장치의 구성에는 이러한 무변조 반송파의 송신에 대한 독립적인 포트나 기능이 구현되지 않는다. 그래서, 본 측정은 전원을 인가한 후 정상적인 동작 상태하에서 VCO의 출력단에서 측정된 결과를 나타내었다.

<그림 5-7>에서 보여지는 것과 같이 본 측정도 AIS 2 채널(162.025MHz)를 스펙트럼 분석기 상의 중심으로 설정하고 스펠을 20MHz로 설정함에 따라 142.025MHz에서 182.025MHz까지 측정된 결과를 나타낸 것이다. <그림 5-7>에서

측정된 중심주파수인 162.11MHz에서 8.5MHz 이격된 170.61MHz에서 69.33dBc의 불요파가 측정되었는데, 이는 대역내 불요파에 해당하고, 스퓨리어스에 해당하지 않는다. 스퓨리어스에 해당하는 324.22MHz에서는 약 80dBc 이하의 특성을 나타내 국제법에서 요구하는 기준을 만족하는 것으로 파악되었다.



<그림 5-8> 수신 LNA 매칭 특성

<Fig 5-8> Receiving LNA matching characteristics

<그림 5-8>에서 보여지는 것과 같이 본 측정에서 S11은 입력 반사손실, S21은 이득, S22는 출력 반사손실을 나타낸다.

먼저, 수신단의 이득인 S21에서 마크 주파수인 156MHz~162.750MHz의 AIS가 사용할 수 있는 해상이동업무용 초단파 주파수 대역에서 약 17dB의 평탄한 특성을 나타내고 입력 반사손실을 -20dB의 우수한 특성을 보였다. 출력 반사손실

인 S22는 -18dB~-20dB의 다소 경사특성을 보이고 있으므로 설계에서 계획된 -15dB 이상의 광대역 특성을 얻을 수 있었다.



<그림 5-9> 수신 LNA-SAW 필터 특성

<Fig 5-9> Receiving LNA-SAW filter characteristics

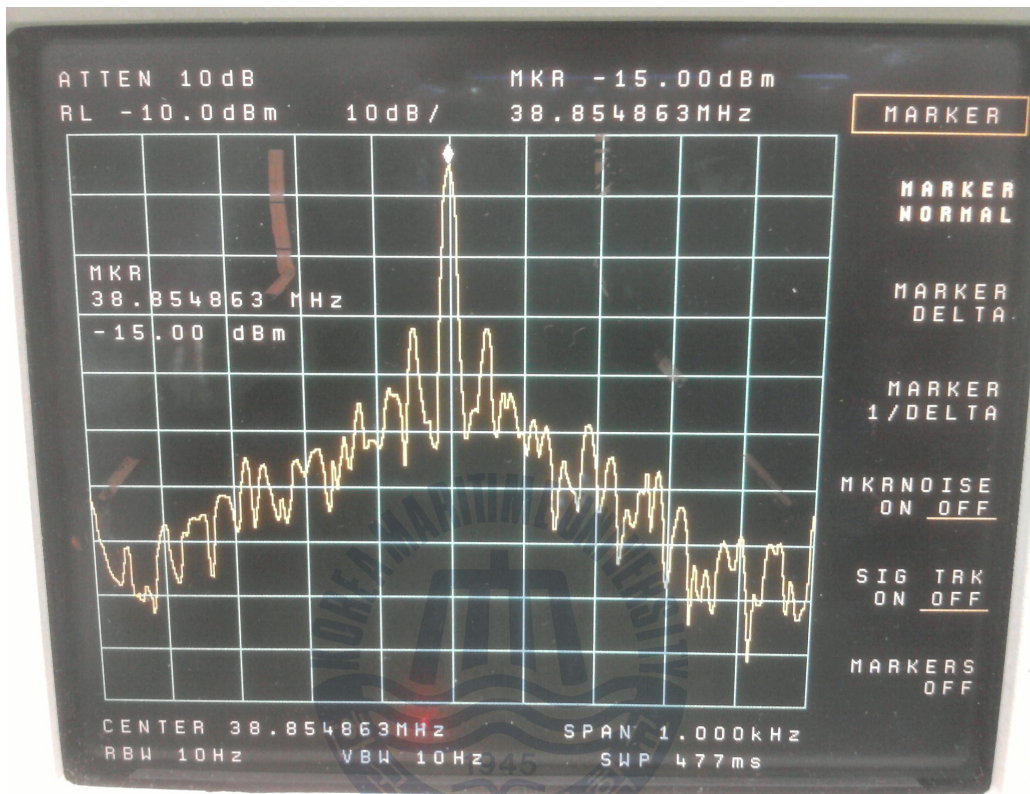
<그림 5-9>는 LNA와 SAW 필터를 연결해 하나의 필터로서의 특성을 살펴본 것이다.

<그림 5-9>에서 S21이 앞서 살펴본 바와 같이 수신하고자 하는 AIS 주파수 범위인 156MHz에서 162.025MHz까지의 주파수에서 약 10~15dB의 필터링 특성을 제공해서, 이것은 시스템 성능인 수신 주파수 선택도에 영향을 미치게 된다. 따라서, 이 주파수 범위를 초과하거나 미만인 주파수에 대해서는 신호를 제거할 수 있는 기능을 가지게 된다.

S11은 입력 반사손실, S22는 출력 반사손실을 나타내는 그래프로 동일 주파

수대역에서 약 -8dB에서 -14dB의 특성을 나타내었다.

이 그래프에서의 특성은 곧 신호 선택도와 신호 감도에 영향을 미치게 된다.



<그림 5-10> 1st Mixer 스펙트럼

<Fig 5-10> 1st Mixer spectrum

일반적으로 AIS 및 VHF 수신기는 슈퍼헤테로다인 수신기를 채택하고 있고, 본 논문에서 구현한 수신기도 중간 주파수로 38.855MHz를 사용하는 슈퍼헤테로다인 수신기에 해당한다.

<그림 5-10>은 슈퍼헤테로다인 수신기의 중간 주파수로 변환에 사용되는 Mixer의 발진 주파수를 나타내는 것으로, 측정된 중심주파수는 38.854863MHz로 137Hz의 주파수 오차를 갖는 것으로 확인되었다.

측정에서 분해능 대역폭은 10Hz, 비디오 대역폭 또한 10Hz로 설정되었고

스팬을 1kHz로 설정함에 따라 중심주파수 부근에서 비교적 상세한 파형의 측정이 이루어지도록 하였다. <그림 5-10>에서 알 수 있듯이 중심주파수 $\pm 50\text{Hz}$ 에서 최대 불요파가 나타나고 중심주파수와는 약 28dB의 차가 있음을 알 수 있다.



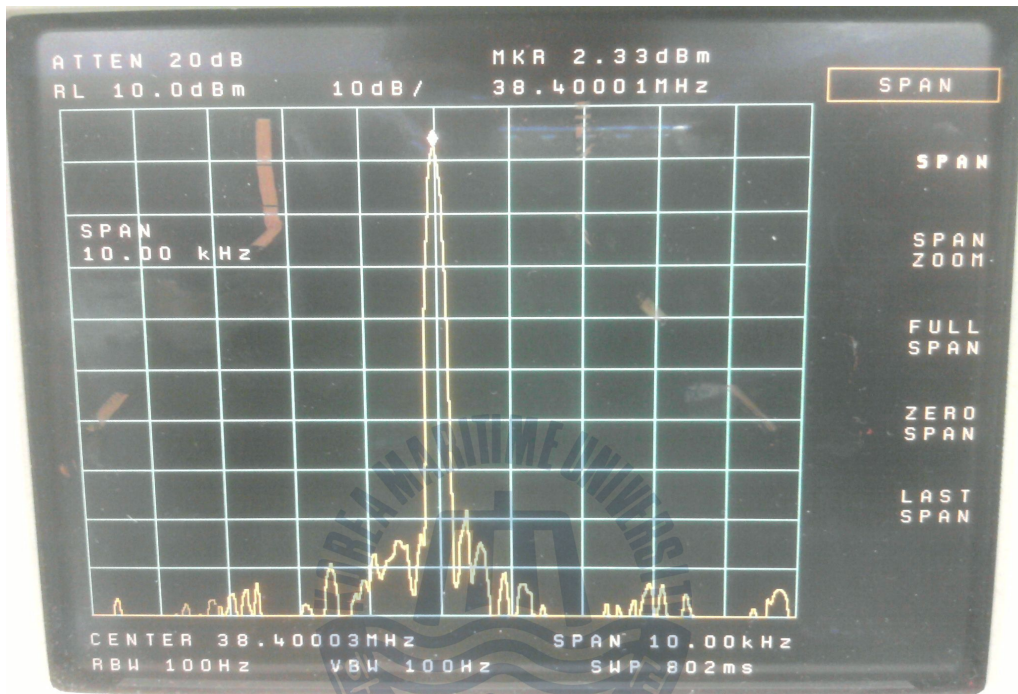
<그림 5-11> 수신채널 IF 증폭단

<Fig 5-11> Receiving channel IF amplifier

<그림 5-11>은 수신채널에서 중간 주파수인 38.855MHz 대역 부근에서의 증폭기의 이득과 반사손실을 측정해 보았다.

<그림 5-11>에서 S21은 앞서 살펴본 바와 같이 증폭단의 이득에 해당하는 부분으로 네트워크 분석기의 설정 스패이 50MHz임을 감안할 때 전 대역에서 약 14dB에 해당하는 광대역 특성을 나타내었고, 입력 반사손실인 S11은 마크 주파수 1번인 29.255MHz에서부터 -26dB까지 떨어지고, 중간 주파수인 38.855MHz에

서 약 -24dB의 완만한 곡선을 그렸다. 또한, 출력 반사손실은 마크주파수 2번인 34MHz에서 -28.8dB까지 떨어지고 중간 주파수인 38.855MHz에서 약 -29.3dB의 완만한 곡선을 그렸다.



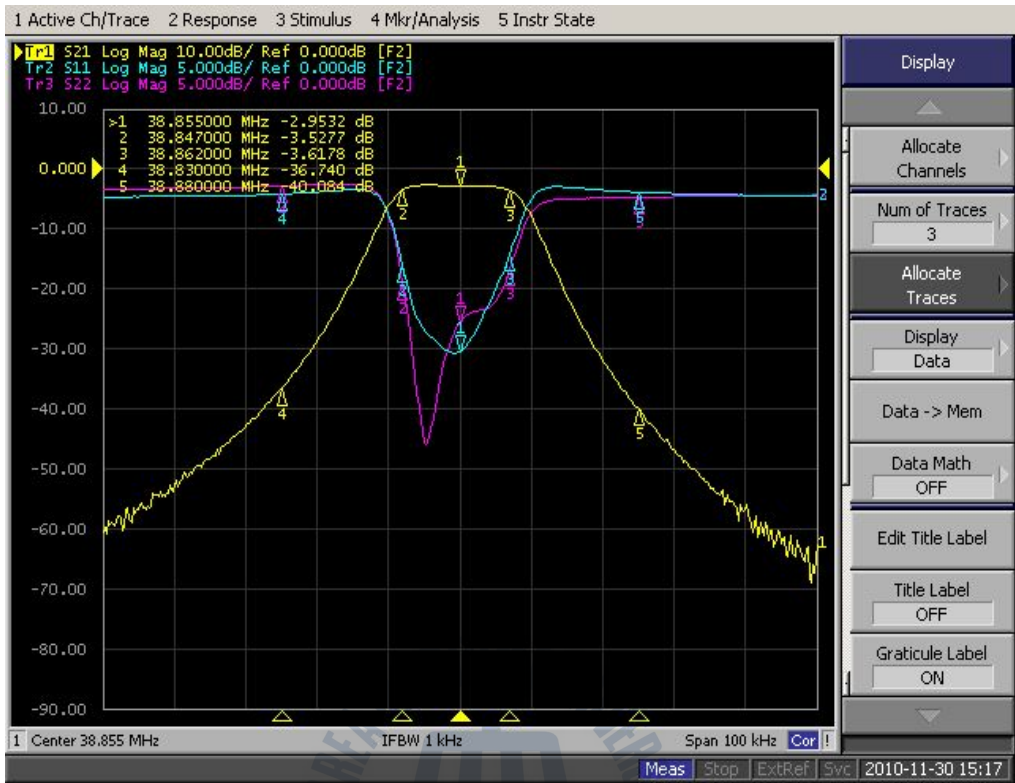
<그림 5-12> 국부발진 2의 스펙트럼

<Fig 5-12> The spectrum of a local oscillator

<그림 5-12>는 앞의 <그림 5-10>에서 측정한 것과 동일한 내용이나 슈퍼헤테로다인 수신기의 2차 국부발진 주파수인 38.4MHz에 대해 측정이 이루어졌다.

<그림 5-10>과의 차이를 위해 스패를 10kHz, 분해능 대역폭을 100Hz, 비디오 대역폭을 100Hz로 설정해서, 불요파 또는 스푸리어스에 대한 좀 더 정확한 측정을 기할 수 있도록 시도하였다.

측정에서 중심주파수는 38.40001MHz로 1Hz의 주파수 오차를 갖는 것으로 확인 되었다. <그림 5-12>에서 알 수 있듯이 중심주파수 $\pm 1.5\text{kHz}$ 바깥 부근에서는 약 80dB 이상의 주 전력과 불요파 내지 스푸리어스와의 차이를 가진다.

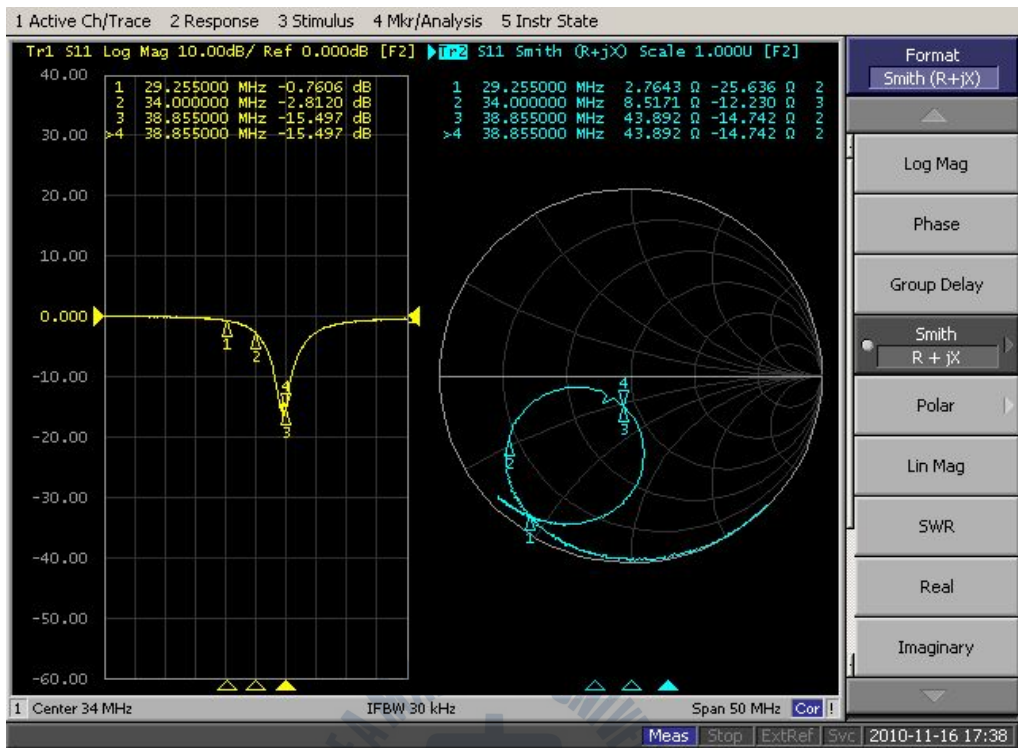


<그림 5-13> 수신 채널 A의 MCF 특성

<Fig 5-13> The MCF characteristics of receiving channel A

<그림 5-13>은 일체형 크리스털 필터의 특성을 나타내는 그래프로 중간 주파수 부근에서 수신채널에서 중간 주파수인 38.855MHz 대역 부근에서의 이득과 반사손실을 측정해 보았다. S21의 이득 특성을 살펴보면 중간 주파수인 38.855MHz +7kHz인 38.862MHz에 마크 3을 설정하고, -8kHz인 38.847MHz에 마크 2를 설정해 $\pm 7\text{kHz}$ 대역에서 약 -3.5dB의 특성을 갖고, $\pm 25\text{kHz}$ 이격 주파수에 설정한 마크 4와 마크 5에서 약 -37dB의 이득 특성을 갖는다.

입력 반사손실인 S11과 출력 반사손실인 S22 또한 $\pm 7\text{kHz}$ 주파수 편이 영역에서 최대 -48dB까지 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.



<그림 5-14> 수신단 프리스케일러 필립스 SA58640의 정합 특성

<Fig 5-14> A matching characteristics of receiver prescaler, Phillips

SA58640

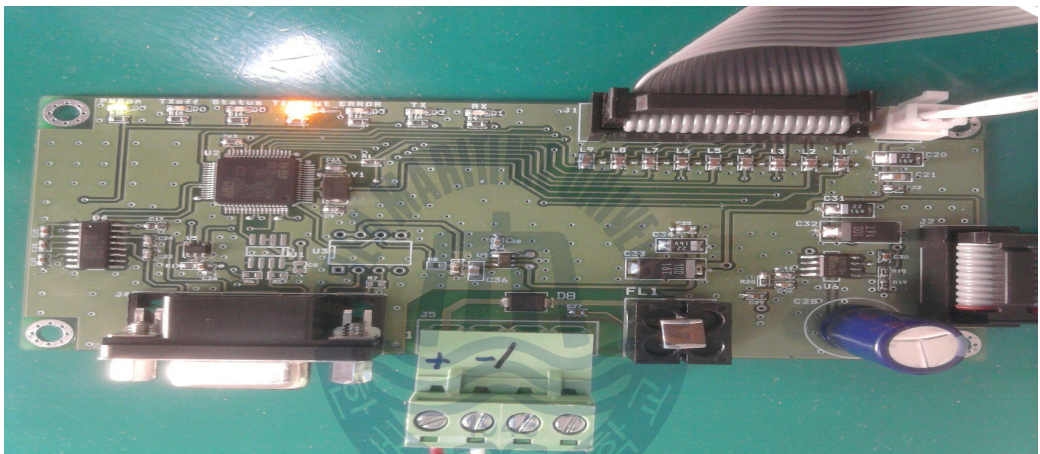
<그림 5-14>는 수신단에서 FM 칩으로 사용한 필립스사의 SA58640의 정합특성을 살펴보기 위해서 이득특성과 스미스 차트를 통해 확인해 보았다.

마크 3과 4가 중간 주파수인 38.855MHz에 설정되어, 스미스 차트의 중심에 해당하는 50Ω에 근접하는 것으로 나타났다.

기본적으로 마이크로웨이브 전송선로에는 동축케이블, 웨이브가이드, 마이크로스트립 등이 사용되지만, 특히, 초단파 무선설비에서는 전송선로는 RG-58, RG-213과 같은 임피던스 50Ω의 동축케이블이 많이 사용되므로 송수신단 회로의 설계는 50Ω 임피던스에 매칭되도록 설계되어야 한다[28].

5.3 Host 제어기의 제작

인터페이스에 CMX7032 모듈의 C-Bus 인터페이스에 접속하여 모듈의 제어와 Class B “CS” AIS 장치가 발생하는 메시지의 생성, GPS 수신기를 통해 입력되는 NMEA 포맷의 데이터를 해당 메시지에 올려주는 역할, GPS 수신기를 통한 내부 클럭 또는 외부 AIS 장치를 통해 수신된 메시지에서 동기신호를 추출하여 발생하는 메시지 열의 시작을 동기시키는 기능, 반송과 감지를 통해 슬롯을 할당하는 기능 등의 역할을 수행한다.



<그림 5-15> Atmel 32bit를 이용하여 제작된 CPU 보드

<Fig 5-15> A manufactured CPU board using Atmel 32bits

<그림 5-15>에서 보여지는 것과 같이 시리얼 9핀 커넥터를 통해 프로그램의 갱신이나 PC와의 인터페이스를 통해 송수신이 이루어질 때 함께 발생하는 VDM, VDO 메시지를 확인해 볼 수 있게 하였다.

향후 이 시리얼 단자는 발생하는 NMEA의 VDM, VDO 포맷을 인터페이스 함으로써 S-57 기반의 전자해도 시스템, 디지털 레이더 또는 Class A AIS장치의 경우, 최소 키보드/디스플레이 장치 등과 연동할 수 있을 것이다.

또한, 9핀 플랫 케이블로 연결된 단자는 개발된 GPS 수신기로부터 NMEA 메시지를 수신하기 위한 단자이다.

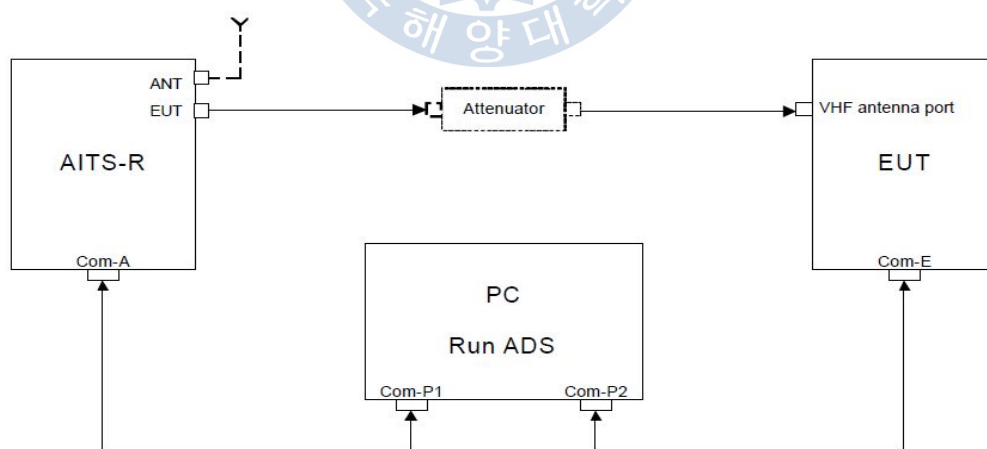
상부의 20핀 플랫 케이블은 송수신 모듈과의 인터페이스를 위해 마련되었으며 주로 CMX7032에 직/간접적으로 연결되도록 구성되었다.

이와 함께 기본적인 Class B “CS” AIS 장치의 사용자 인터페이스에 해당하는 기본적인 동작의 표시를 지원하는 LED 지시기가 연결되어 있다. LED 지시기는 기본적인 전원상태, 송신 상태, 채널 별 수신 상태, 경보 등으로 구성된다.

5.4 Class B “CS” AIS 장치 프로토콜 검증

5.4.1 실험 장비 구성

실제 실험 및 연구를 위하여, <그림 5-16>와 같이 AITS-R 설비를 구매하여 제작된 Class B “CS” AIS 장치와 연결하였다. AITS-R 운용 시험 설비는 AIS1, AIS2, DSC에 동작하도록 설계되어있으며 시험 프로그램인 ADS(AIS Developer Studio)는 AITS-R 설비의 부가 서비스를 제공하도록 설계되어 있다[29].



<그림 5-16> AIS 성능검증을 위한 실험장치 구성

<Fig 5-16> An experimental equipment composition to evaluate An AIS performance

<그림 5-16>에서 보여지는 것과 같이 설계, 제작된 Class B “CS” AIS 장치를 AITS-R 설비와 감쇠기를 통해 연결하여 상호간에 송수신을 확인할 수 있도록 구성하였다. 공중선이 아닌 RF 출력이 직접 장치 간에 인가됨에 따라 제작된 Class B “CS” AIS 장치에서 발생하는 2W의 높은 출력이 측정설비에 영향을 미치지 않도록 하고, 측정설비의 출력 또한 제작된 시료의 수신 성능에 영향을 미치지 않도록 하기 위함이다.

또한, 제작된 시료 및 측정 설비 각각의 시리얼 포트를 통해 각 장치가 송신하고 수신한 메시지를 확인할 수 있도록 PC가 연결되어 있으며, PC는 ADS로 일컬어지는 측정 소프트웨어를 통해 운용된다.

실제 실험 및 연구를 위하여, <그림 5-16>와 같이 AITS-R 설비를 구매하여 제작된 Class B “CS” AIS 장치와 연결하였다. AITS-R 운용 시험 설비는 AIS1, AIS2, DSC에 동작하도록 설계되어 있으며, 제작된 시료 및 측정 설비 각각의 시리얼 포트를 통해 각 장치가 송신하고 수신한 메시지를 확인할 수 있도록 PC가 연결되어 있다. 시험 프로그램인 ADS는 AITS-R 설비의 부가 서비스를 제공하도록 설계되어 있다.

<그림 5-17>에서 보여지는 것과 같이 Class B “CS” AIS 장치 또한 Class A 장치와 마찬가지로 선박의 정적정보는 사용자 인터페이스를 통해 입력하고 동적 정보는 GPS 수신기를 통해 구현되는 위도, 경도의 위치정보, 선수 방위, 선박 속도의 정보가 메시지에 활용된다.

그러나, Class A 장치와 같이 자이로 콤파스, 스피드 로그와 같은 선속계, ROT(Rate of Turn) 센서의 직접적인 연결은 사용되지 않는다. 이는 국제해사기구의 선박용 AIS의 설치 지침 IMO SN/Circ.227을 참고할 수 있다[30].

<그림 5-17>에서 입력될 수 있는 선박 정적정보에는 전파관리소에서 부여하는 MMSI, 선급기관에서 부여하는 IMO 번호, 호출부호, 선명 등의 정보가 있고, AIS의 종류에 대한 정보가 지정될 수 있다. 또한, 선박에서 GPS 안테나가 설치된 위치에 대한 정보, 이탈 경보에 대한 기준 등을 설정할 수 있다.

The screenshot shows the 'Vessel Data' software interface. It is divided into several sections:

- Own Vessel Information:** Contains input fields for MMSI Number (112333445), IMO Number (987654321), Callsign (CALLSIG), Ships Name (SHIPS-NAME), DataTerminalEquipment (checked), Aids To Navigation (EXTENDED NAME), Type (1 = Fixed Aid-to-Navigation), Class B CS, MKD, DSC, Band, Msg22, Mode, and Vendor ID (hexadecimal) (1A, 2B, 3C, 4D, 5E).
- Target Vessel Information:** Contains an input field for MMSI Number (135792468).
- Vessel Dimensions and GPS antenna position:** A diagram showing a vessel outline with dimensions A, B, C, and D. A red dot indicates the GPS antenna position. Input fields for A and B are set to 511, and for C and D to 63.
- Guard Zone:** Contains a diagram of a vessel within a circular guard zone. Input fields for On Position Latitude (25°50.5555'N), On Position Longitude (028°59.5555'W), and Perimeter Radius In Meters (500) are present. There is also an 'Off Position Indicator' checkbox.
- Update:** A button to update the information.

<그림 5-17> ADS를 통한 사용자 정적 정보의 입력

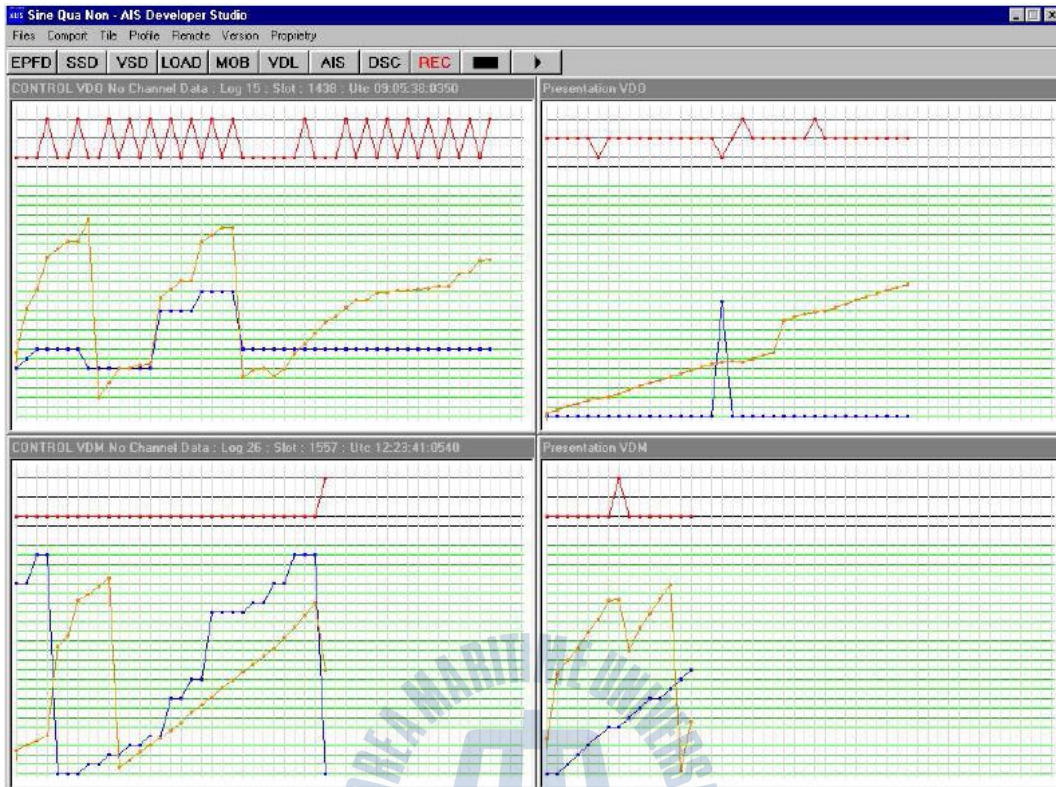
<Fig 5-17> The input of user static information using ADS

이러한 정적정보는 메시지 24번을 통해 발생되며, 실제 실험 및 연구를 위하여, <그림 5-16>과 같이 AITS-R 설비를 구매하여 제작된 Class B “CS” AIS 장치와 연결하였다.

AITS-R 운용 시험 설비는 <그림 5-18>에서 보여지는 것과 같이 ADS는 모든 VDL(VHF Data Link) 동작의 실시간 화면, 즉, 결과적으로 VDM이나 VDO 메시지로 나타나는 것을 제공한다. Control VDO 및 Control VDM은 AITS-R 설비에서 발생하는 송수신 메시지를 나타내고, Presentation VDO 및 VDM은 개발된 시료에서 제공되는 송수신 메시지로 해석하게 된다.

여기서, VDM은 수신처리의 결과물이 되고 VDO는 송신처리의 결과물에 해당한다.

Control VDO 및 Control VDM, Presentation VDO 및 VDM의 각 창 상부에 톱니파처럼 생긴 파형으로 구성되는 화면이 있는데, 이는 AIS 1과 AIS 2의 각 채널을 의미하는 것으로 대부분 톱니파로 AIS 1과 AIS 2채널을 번갈아 가며 송신하고 수신하는 것을 나타낸다.



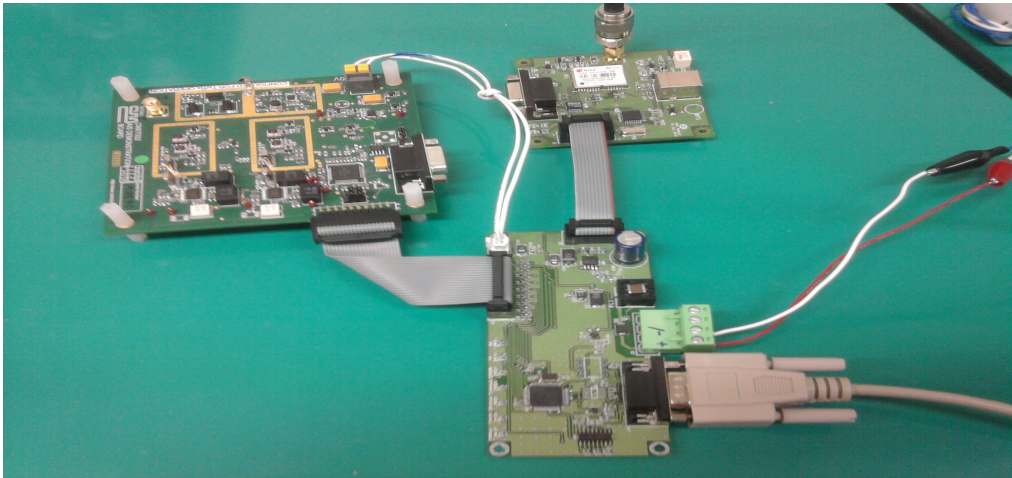
<그림 5-18> ADS 메인 화면

<Fig 5-18> ADS main screen

그리고, 각 창 의 아랫부분에 진폭이 큰 파형이 나타나는데 이는 각 메시지의 번호 순서에 아래에서 위로 표시되는 것으로, Class B “CS” AIS 장치의 주 메시지에 해당하는 메시지 18번의 높이에 해당하는 가로선이 주로 나타나고 메시지 24번이 간헐적으로 교차되어야 할 것이다.

5.4.2 메시지 송수신 실험

본 연구에서 설계 및 제작된 Class B “CS” AIS 장치는 다음 <그림 5-19>와 같이 송수신 모듈, GPS 수신기 모듈, CPU 모듈이 상호 연동되도록 구성하고, 프로토콜 시험 장치로 AITS-R 장치와 ADS가 돌아가는 PC가 연결되었다.



<그림 5-19> 설계 제작된 각 모듈의 연동 시험

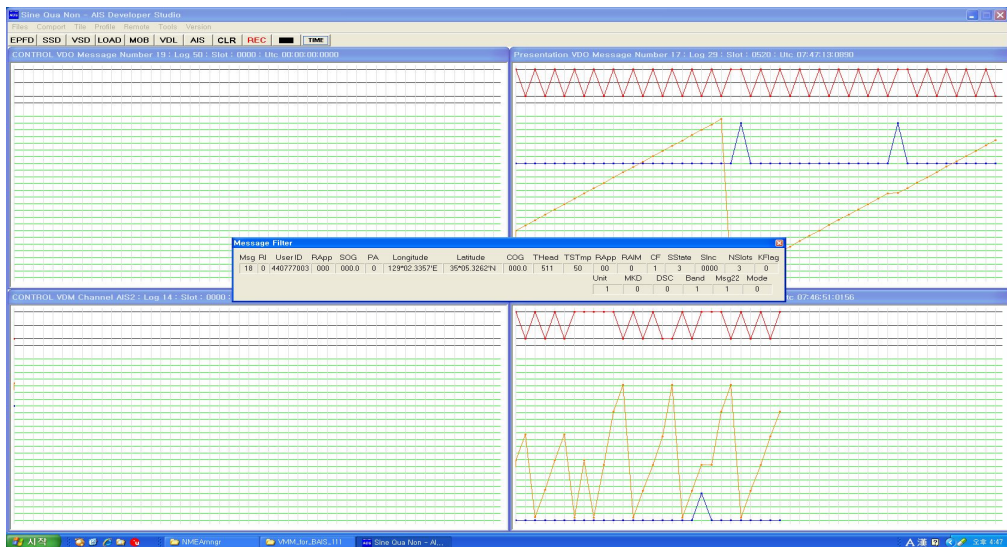
<Fig 5-19> Integrated testing with each design and manufactured modules

1) 송신 프로토콜 시험

<그림 5-19>에서와 같은 구성으로 설계, 제작된 시료의 전원을 인가하고 송신을 시작함에 따라 <그림 5-20>의 우측에 시료에서 발생하는 VDO와 VDM 메시지가 표시됨을 알 수 있다.

앞서 시스템 구성에 대한 설명에서와 같이 4개의 창으로 구성된 화면에서 각 창의 상부에 송신 채널을 표시하는 톱니파가 나타나고, 화면중앙에 메시지 번호에 해당하는 높이의 가로선이 그려지고, 각 창의 하부에서 상부로 크게 사선으로 그려진 선은 슬롯 번호를 나타내는 것이다.

<그림 5-21>에서 살펴보면 우선 채널 87과 88번을 순차적으로 교차하고 있으며, 2회 정도가 채널의 교차 없이 같은 채널로 송신한 것임을 알 수 있다. 그리고, 우측 상부 창의 가운데 나타나는 실선은 기본적으로 메시지 18번에 해당하는 높이에 가로선이 그어지고 해당 메시지에 대한 포인트를 선택했을 때, 화면의 가운데와 같이 메시지 18번, 제작된 시료에 지정한 “440777003”의 MMSI를 가진 송신장치에서 위도와 경도를 가지고 송신됨을 다시한번 확인할 수 있었다.



<그림 5-20> 메시지 18번 송신 시험

<Fig 5-20> Message 18, transmission test

계속적인 시험을 통해 간헐적으로 발생하는 메시지 24번에 대한 송신 확인을 <그림 5-21>에 나타내었다.



<그림 5-21> 메시지 24번 송신 및 수신확인

<Fig 5-21> Message 24, transmission and receiving acknowledgment

<그림 5-21>에서는 화면 우측 상단 창에서 발생하는 제작된 시료의 VDO 메시지와 함께 화면 좌측 하단에 AITS-R 장치에서 이를 수신하고 나타나는 Control VDM 메시지가 동일하게 나타나는 것을 알 수 있다.

화면 우측 상부 창의 중앙에 주로 메시지 18번이 나타나지만 2회에 걸쳐 메시지 24번이 발생하였고, 이를 AITS-R 장치가 화면 좌측 하단 창에서와 같이 수신하였음을 알 수 있다.

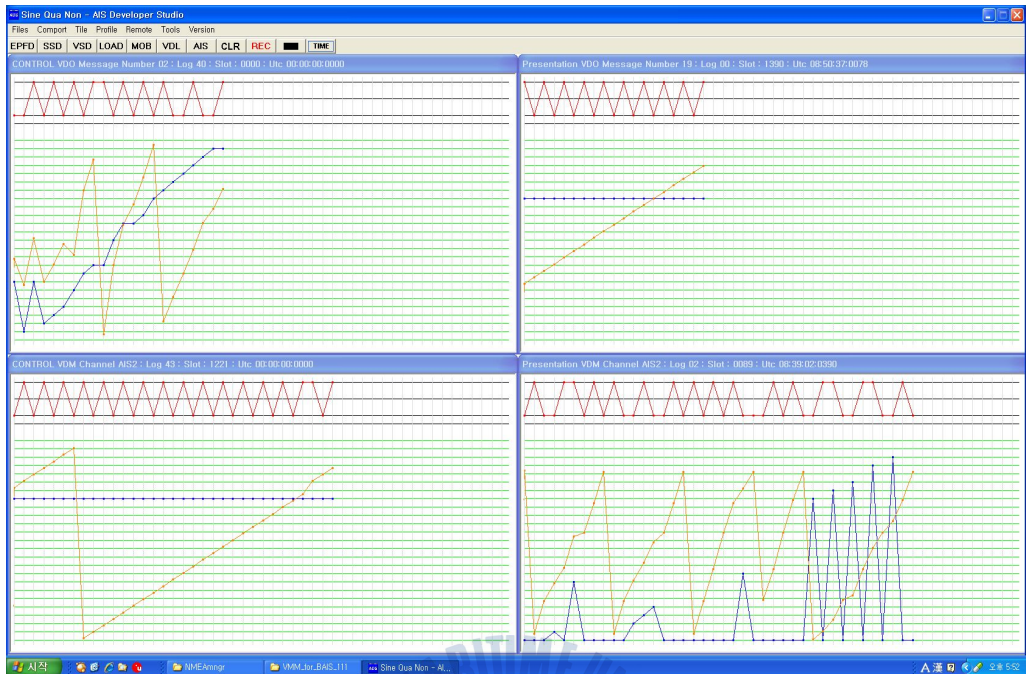
화면 우측 하단 창에는 주로 메시지 1번에 대한 가로선만 그어지고 있는데 이는 제작된 시료의 수신기를 통해 실험환경의 주변에서 실제 발생하는 Class A 선박의 메시지 1번이 수신됨을 나타낸다. 좀 더 정확한 확인을 위해 메시지 24번의 포인트를 지적한 결과 메시지 번호 24번, 제작된 시료에 지정한 “440777003”의 MMSI를 가진 송신장치에서, 37분의 선종을 가진 선박, Vender ID로 “SRC@@@”, 호출부호가 “TSET22@”로 설정되어 있음을 확인할 수 있었다. 기타 선박의 크기와 보고장치의 선내위치가 기본값에 해당하는 “0”으로 설정되어 있음을 볼 수 있다.

2) 수신 프로토콜 시험

수신 프로토콜 시험은 송신 프로토콜 시험과 반대로 구성된다. 함께 연결된 AITS-R 장치가 메시지를 송신하고, 제작된 시료가 이를 수신하는 과정으로 시험이 진행되었다.

Class B “CS” AIS 장치도 메시지 18번과 24번을 주로 송신하지만, 메시지 수신에는 모든 메시지 프로토콜을 포함해야 한다.

따라서, AITS-R 장치를 통해 다양한 메시지 프로토콜을 생성해보고 이의 수신을 확인해 보았다.



<그림 5-22> 수신 프로토콜 시험

<Fig 5-22> Receiving protocol test

<그림 5-22>의 화면 좌측 상단 창에 AITS-R 장치에서 발생하는 메시지에 해당하는 VDO에 해당하며 그림에서 알 수 있듯이 메시지 1번에서 2번, 최종 메시지 24번에 이르기까지 다양한 메시지를 발생해 보았다.

이 후 그림 우측 하단 창의 제작된 시료에서 수신된 메시지에 해당하는 VDM 메시지를 통해 창의 중앙에 다양한 메시지가 수신되었음을 확인해 볼 수 있었다.

이러한 수신 시험과정에서도 <그림 5-22>에서 보여지는 것과 같이 계속해서 시료의 송신 또한 진행되었다. 따라서, 설계 및 제작된 Class B “CS” AIS 장치는 송신하는 과정에서도 수신에는 전혀 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

“Presentation VDM” 창에서는 “Control VDO” 에서 발생한 다양한 메시지 이외에도 메시지 1번이 지속적으로 수신됨을 알 수 있는데, 이것은 시험환경 주변의 실제 선박에서 운용하는 Class A AIS 장치에서 송신된 내용을 수신한

결과에 해당한다.

이에 반해 시료에서 지속적으로 발생하는 메시지 18번이 “Presentation VDO” 창에서 확인되고, 표준 측정 도구로 사용한 AITS-R 장치에서 수신한 결과는 “Control VDO” 창에 나타나는데 단지 메시지 18번만이 수신됨을 알 수 있다. 이는 AITS-R 장치가 제한된 수신감도로 설정되어 있고, 설계 및 제작된 시료와 동축케이블로 직접 연결된 것에 기인한다.



제 6 장 결 론

본 연구에서 추진한 CSTDMA AIS의 가장 큰 특징은 반송파를 감지하여 AIS의 통신이 감지된다면 Class B “CS” AIS 장치는 통신을 보류하여 Class A AIS 장치 또는 기지국 할당과 같은 통신에 대한 우선권을 양보함으로써 대형선이나 국제항해 선박을 보호할 수 있게 하는 것이다.

본 논문에서는 향후 본격적인 도입이 예상되는 Class B “CS” AIS 장치에 대해 설계 및 구현, 그리고, 검증하는 과정으로 진행되었다. 물론, Class B AIS 장치를 구현하는 방법으로 Class A 장치에서 사용하는 “SOTDMA” 방식을 그대로 적용할 수도 있다. 하지만, 앞서 기술한 내용에서와 같이 다양한 AIS 응용 장치가 보급되고 상선대비 수십 배의 척수를 보유하고 있는 국내 어선 등에 AIS 장치를 보급한다면 Class B “CS” AIS 장치를 사용하게 하는 것이 AIS 네트워크 상에서 원활한 통신을 확보할 수 있는 방안이 될 것이다.

본 연구를 통해 Class B “CS” AIS 장치를 설계 및 제작하였으며, 설계 방법으로 전 세계에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 변복조/코딩 통합 전용 칩인 CMX7032를 활용하였다. 이를 통해 소형선에 탑재에 필요한 소형화와 경제성이 우수한 제품의 개발을 달성하게 되었다.

또한, AIS가 사용하는 GMSK 변조 기법에서도 저주파 및 고주파 응답 특성이 우수한 Two-Point 변조기법을 적용하여 송수신 특성의 향상을 도모하였다.

그리고, 본 논문에서는 설계 및 제작과정에서 발생한 각 단위 모듈의 특성과 통합 특성시험 등의 결과가 포함되어 있고, 부록에 각 모듈에 대한 회로도를 첨부하였다.

결론적으로 본 논문에서 설계 및 제작된 Class B “CS” AIS 장치는 국내 방송통신위원회의 적합성평가에서 요구되는 모든 요건을 만족하고, 상용화하여 보급될 수 있는 성능을 확보하였으며, Class B “CS” AIS 장치를 통한 선박의 충돌예방 기능과 수색·구조 관련 기관의 선박위치감시 및 구조지원 기능은 해마다

발생하는 선박사고의 원인을 해결해 줄 수 있는 유용한 시스템이 될 것이라 예상된다. 이와 같은 Class B “CS” AIS 장치는 전자해도기반의 화면장치와 함께 연동될 때 더욱 더 그 실용성이 빛을 발할 수 있다. 짙은 안개나 폭우 중에도 해도 상에서 현재 선박의 위치가 표시되고 주변에 접근하는 선박의 동태, 즉, 접근방향과 속도 등을 도식화하여 제공해줄 수 있기 때문이다.

뿐만 아니라, 이러한 Class B “CS” AIS 장치의 정보는 VTS(Vessel Traffic System)와 연계하여 연근해에서의 선박 간 충돌, 좌초로 인한 인명 및 해양환경 피해의 예방과 해난 수색 및 구조지원 체계를 강화하여, 선박의 안전항해와 효율적인 항만 통항 관리가 이뤄져 신속한 물류 운송 및 하역에 필요한 정보 제공하여 보다 나은 항만 물류서비스 실현도 가능해 질 것으로 생각한다.

향후 Class B “CS” AIS 장치에 관련하여 추가로 보완해서 나아가야 할 연구하여 분야는 다음과 같다.

- AIS 채널 슬롯 점유 현황에 관한 조사와 효과적인 기지국의 슬롯 할당에 관한 연구
- MMSI 코드를 숫자 외 문자도 배열시켜 MMSI 코드 확보가 필요함으로 관련 국제기구에 의견 제안 및 연구.
- 항행지원국 등 무선국 개설시 허가요건을 간이하게 하는 등 관련 전파법규를 개정하여 지원방안에 관한 연구

본 논문에서 구현한 Class B “CS” AIS 장치가 국내 어선의 항해안전에 핵심적인 역할을 담당할 수 있을 것이라는 기대와 아울러, 해상정보통신 분야의 경쟁력과 국익 신장을 위해 AIS 응용장치에 대한 기술개발 투자 및 관련 제도 연구에 지속적인 관심과 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] 장동원 한국전자통신연구원, 「해상IT융합의 선도기술인 AIS 기술동향 연구」, 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문, p.387, 2010.
- [2] 임종근·최조천, 《AIS 수색구조용 송신기의 운용 및 성능요건》, 한국전기통신협회, 2010.
- [3] IMO, MSC, Resolution 236, “Adoption of standards for survival craft AIS search and rescue transmitter for use in search and rescue operations”, 2007.
- [4] 정중식·안광, 「Non-SOLAS 선박용 Class B AIS의 국내기술기준안 개발 및 효과적인 도입방안에 관한 연구」, 해양환경안전학회 추계학술발표회, 2005.
- [5] 김기문, 《전파통신 이론 및 응용》, 다솜출판사, p.201, 2005.
- [6] 국토해양부, “선박안전법 시행규칙 제73조 선박위치발신장치 설치대상 선박”, 2010.
- [7] 임종근·최조천, 《VHF 해상이동대역에서 TDMA를 이용한 AIS에 대한 기술적 특성》, 한국전기통신협회, 2010.
- [8] 임명섭·박정훈·박선규·박한규, 「Discriminator 복조방식을 이용한 GMSK 디지털 무선모뎀의 구현」, 한국통신학회, 한국통신학회 논문지 14(1), 1989.
- [9] Ron Hunter and Fred Kostedt, “Using two-point modulation to reduce synthesizer problems when designing DC-coupled GMSK modulators”, MX-Com Inc, p.1.
- [10] Heinrich Meyr and Gerd Ascheld, “Synchronization in Digital Communications”, Vol. 1 : Phase Frequency Locked Loop and Amplitude Control, New York : John Wiley & Sons, 1990.

- [11] P. Brennan and B. Murray, "Frequency synthesizer using LSI Devices", Electronic Components and Applications, Vol.3, No.1, November, 1980.
- [12] Philips Semiconductors, 《AN1997: Philips FM/IF systems for GMSK Receiver》, RF/Wireless Communications, Data Handbook, 1994.
- [13] Fred Kostedt and James C, "Practical GMSK Data Transmission", Kemerling, MX-CON Inc, p.7, 1998.
- [14] 정중식 · 박성현 · 안광, 《AIS A National Monitoring System Supporting E-Navigation》, 한국항해항만학회, 2006년도 GPS · GNSS에 관한 국제심포지엄 Vol 2.2, 2006.
- [15] ITU, ITU-R M.1371-3, "초단파 해상이동업무대역에서 시분할다중화접속 방식을 사용하는 AIS의 기술적 특성", p.71, 2007.
- [16] 한국전파진흥협회, "대한민국 주파수 분배표", p.38, 2009.
- [17] 김기영외 5명, 「AIS관련 CLASS A TYPE과 CLASS B TYPE 비교분석에 관한 연구」, 2010년도 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문, p.68, 2010.
- [18] 최승국, 「광대역 통신망을 위한 stuffing 동기방식에서 발생하는 Jitter에 관한 연구」, 한국과학재단, pp.8~9, 1991.
- [19] 윤종호 · 이현우, 《전문인을 위한 정보통신 일반》, 교학사, p.130, 2007.
- [20] 고광섭, 정세모, 「The status of DGNSS & experimental test of DGPS in Korea」, 한국항해항만학회, p.72, 1997.
- [21] Clipsal Australia, "C-bus 용어 정리" Wikipedia, 2007.
- [22] Maxim Innovation Delivered, "Glossary definition of RSSI", 2011.
- [23] 김광영, 《차세대 위성통신공학》, 진한도서, p.344, 2003.
- [24] 정효경, 「IMT-2000용 주파수 대역에서 동작하는 VCO 구현에 관한 연구」, 인하대학교 대학원, pp.10~12, 2007.
- [25] 심우성 외 3명, 「Chip-set을 이용한 L1 C/A 코드 GPS 수신기 개발」, 제어로봇시스템학회, 한국자동제어학술회의논문집, 1996.

- [26] 신천식외 2명, 한국전자통신연구원, 「신호감시국용 GPS/Galileo 복합 수신기 구현 및 성능검증에 관한 연구」, 2010년도 한국통신학회 하계종합 학술발표회 논문, p.741, 2010.
- [27] National Marine Electronics Association, “Standard for serial-data networking of marine electronic devices”, Oct, 2004.
- [28] Allan W.Scott, “Understanding microwaves”, A wiley-interscience publication, p.10, 2005.
- [29] SINE QUA NON Technology Holding LTD, “AIS installation test set - Roperational and technical manual”, pp.5~6, 2009.
- [30] International Maritime Organization, “Guideline for the installation of a shipborne automatic Identification system”, p.6, 2003.



부 록

<부록 1> 전원부 및 GPS 수신부 회로도

<부록 2> CPU 회로도

<부록 3> CMX7032 회로도

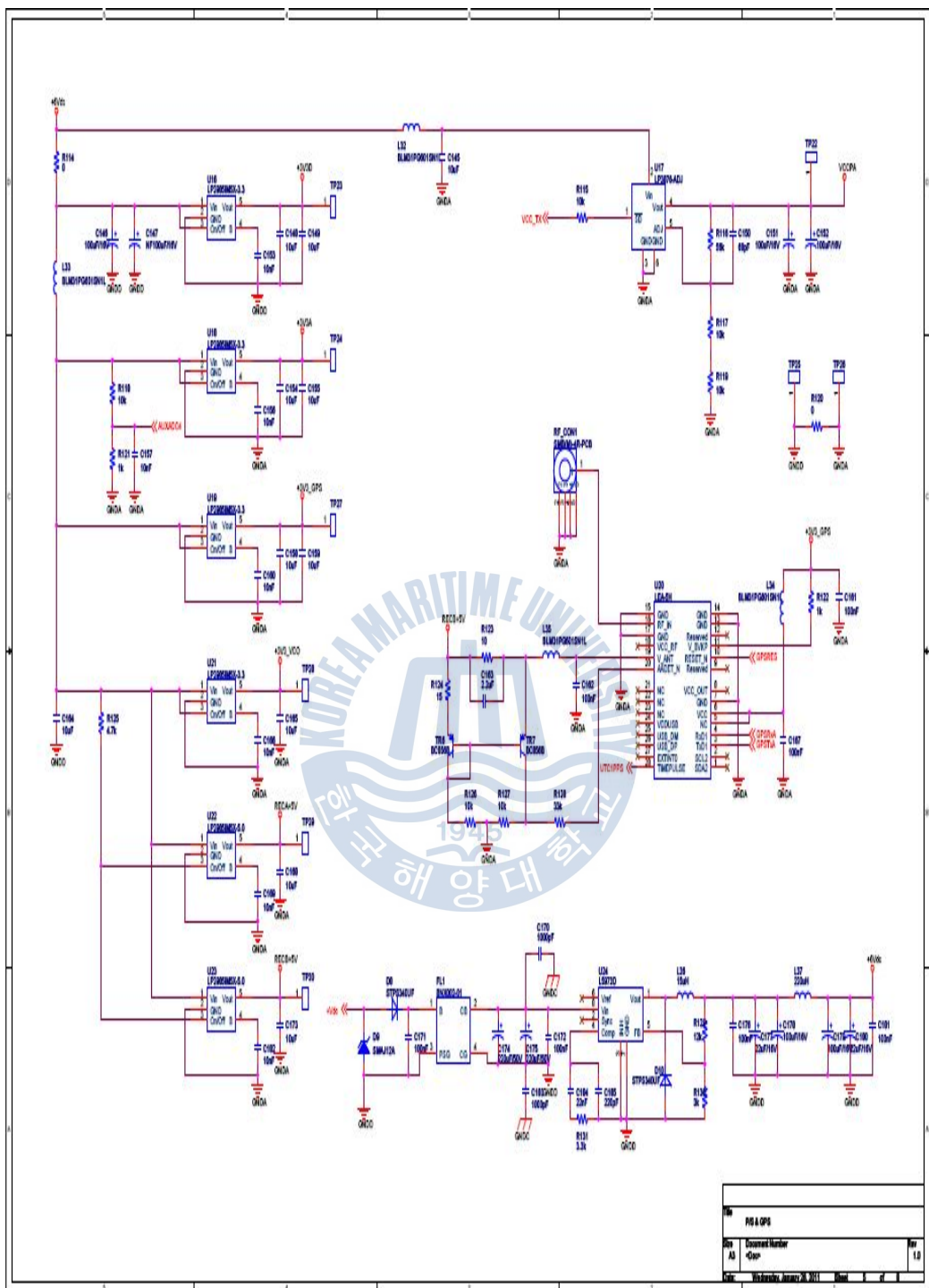
<부록 4> CMX7032 주변 소자 설계

<부록 5> CPU의 메인 S/W

<부록 6> 메시지의 요약

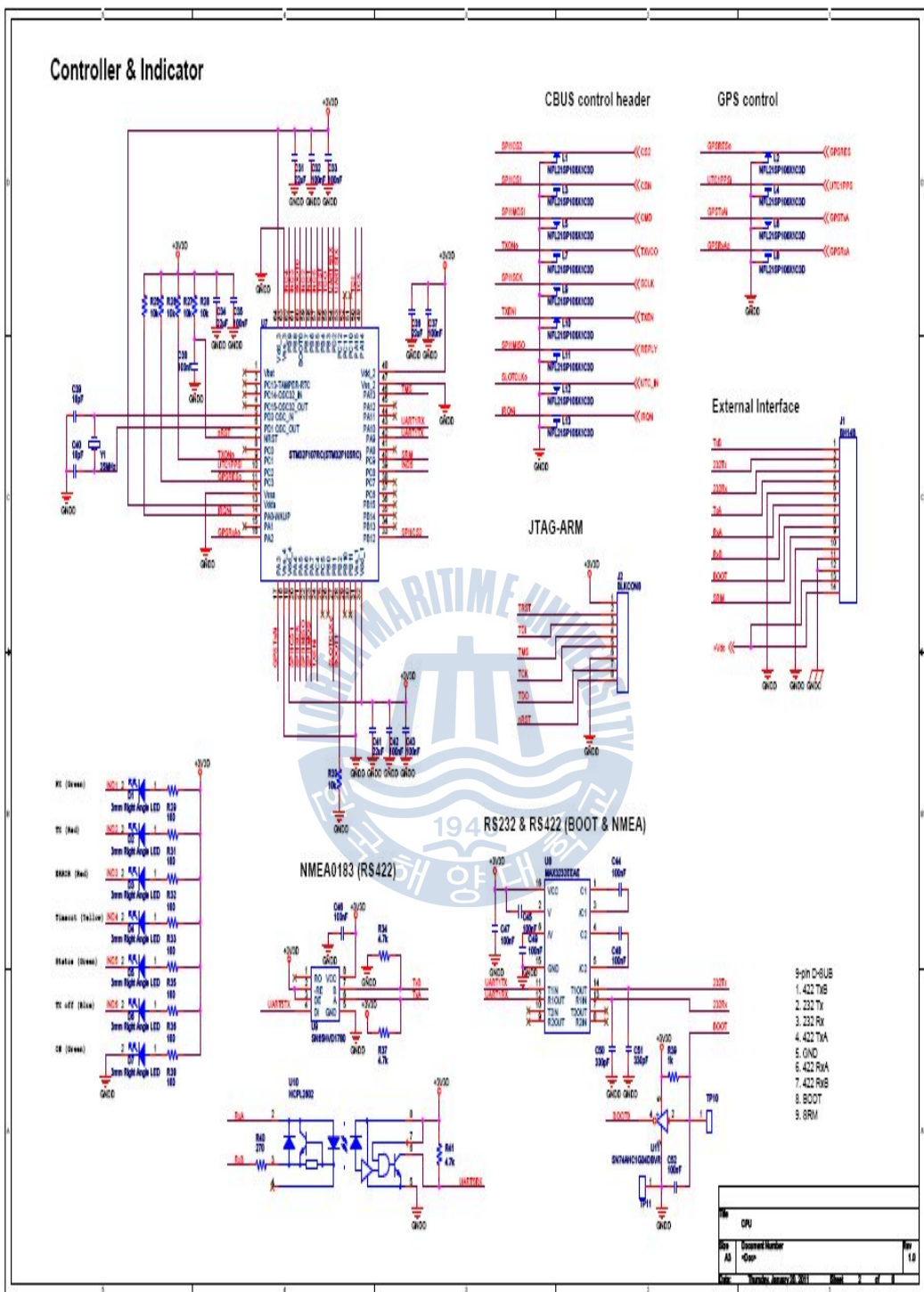
<부록 7> 6 비트 ASCII 표

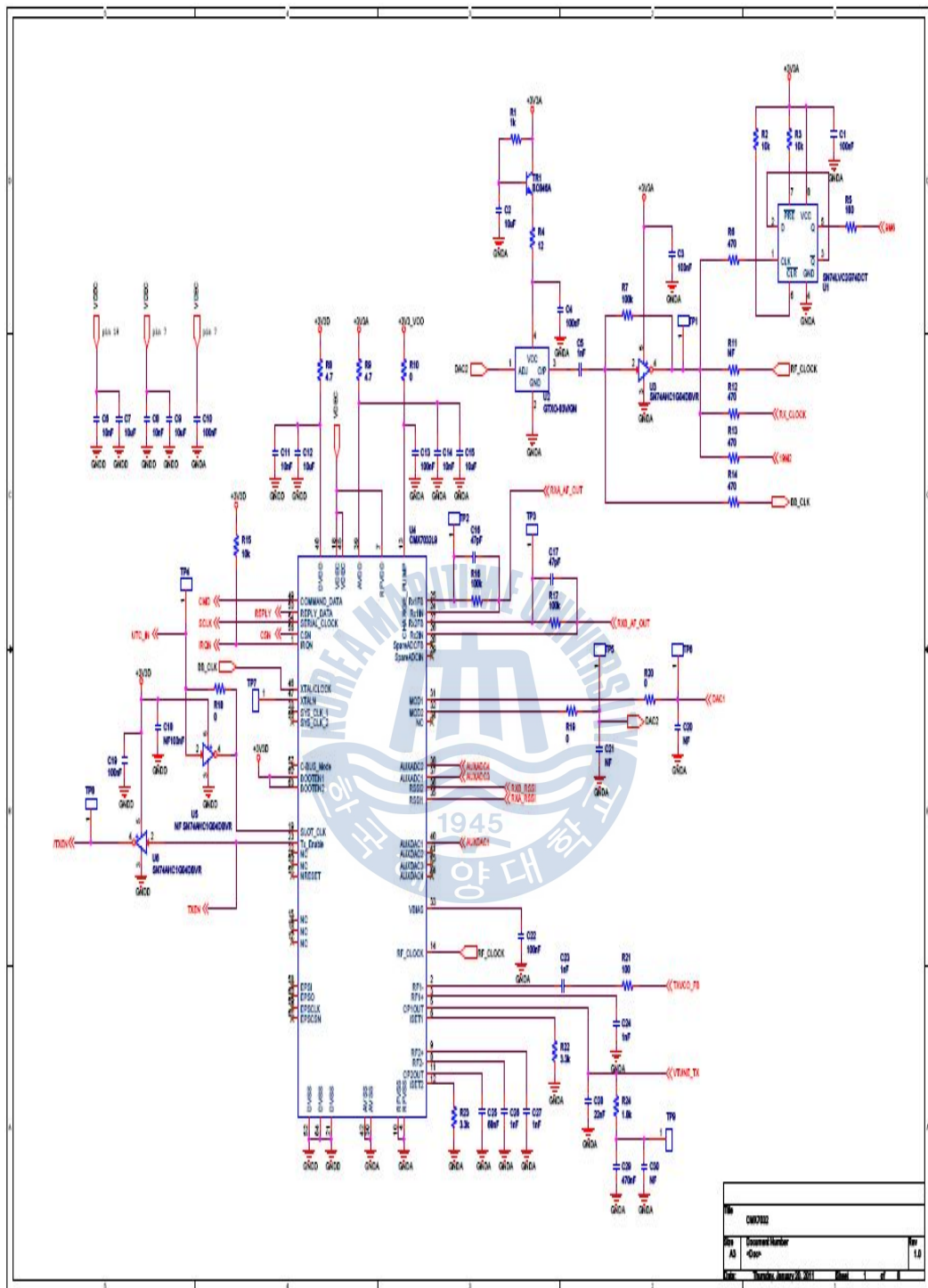




<부록 1> 전원부 및 GPS 수신부 회로도

<Appendix 1> Circuit of Power Supply & GPS Receiver





<부록 3> CMX7032 회로도

<Appendix 3> Circuit of CMX7032

<부록 4> CMX7032 주변 소자 설계

<Appendix 4> CMX7032 peripheral device design

부품번호	소자 값	부품번호	소자 값
R1	100k Ω	C1	18pF
R3	100k Ω	C2	18pF
R4	100k Ω	C3	10nF
R5	DC gain 고려 $GAIN_{RxIN1} = 100k\Omega / R5$	C4	10 μ F
R6	100k Ω	C7	100nF
R7	DC gain 고려 $GAIN_{RxIN2} = 100k\Omega / R7$	C8	100pF
R8	100k Ω	C9	100pF
R9	DC gain 고려 $GAIN_{SpareADC} = 100k\Omega / R9$	C12	100pF
R10	100k Ω	C14	100pF
C16	100pF	C23	10nF
C17	10 μ F	C24	10 μ F
C18	10nF	C25	10nF
C19	10nF	C26	10 μ F
C20	10 μ F	C27	10nF
C21	10nF	C28	10 μ F
C22	10nF	X1	9.6MHz

<부록 5> CPU의 메인 S/W

<Appendix 5> Main S/W of CPU

```
#include "bsp.h"                // 각종 헤더파일
#include "service.h"
#include "aisb.h"
unsigned CriticalSectionCounter;    // 변수 선언부
uint8_t glbUniqueNumber=UNIQUE_NUMBER_BASE;
uint16_t BSP_EEFLASHNumberOfVar=EE_VAR_MAX_ID;
static SCounter_t mainIdleMaxCounter = {"MainIdleMaxCounter", 0};
int main(void)
{
    BSP_Init();                // CPU Resource 초기화
    srand(BSP_GetDeviceID());
    svcInit();                // 프로토콜 서비스 초기화, 각종 변수 초기화
    if( (res = aisInit()) != AIS_OK )    // aisInit() 초기화 check
    {
        TRACE1("AIS: Init error %d.WrWn", res);
        AbortSystem();        // 비정상 초기화 경고 알림.
    }
    aisPoll();                // ais 함수 호출 및 폴링 동작
}
int CDataLink::Init()        // Link Layer 초기화
{
    lnkReceivingQueue.Head = 0;
    lnkReceivingQueue.Tail = 0;
    lnkReceivingQueue.Size = 0;
    m_nLastFrameSyncCorrection = 0;
    return 0;
}
bool CDataLink::IsSlotAvailable(uint16_t slot)    // Slot 사용 여부확인
{
    return true;
}
```


<부록 6> 메시지의 요약

<Appendix 6> Summary of message

메시지 ID	Name	Description	Category	Priority	Operation Mode	Access Schemes	Communication State	M/B
1	Position Report	Scheduled position report: (Class A Shipborne Mobile Equipment)	F/S	1	AU	SOTDMA, RATDMA, ITDMA	SOTDMA	M
2	Position Report	Assigned Scheduled position report: (Class A Shipborne Mobile Equipment)	F/S	1	AS	SOTDMA	SOTDMA,	M
3	Position Report	Special position report, response to interrogation: (Class A Shipborne Mobile Equipment)	F/S	1	AU	RATDMA	ITDMA	M
4	Base Station Report	Position, UTC, Date and current Slot number of base station	F/S	1	AS	FATDMA, RATDMA, ITDMA	SOTDMA	B
5	Static and Voyage Related Data	Scheduled static and voyage related vessel data report: (Class A Shipborne Mobile Equipment))	F	4	AU, AS	RATDMA, ITDMA	N/A	M
6	Binary Addressed 메시지	Binary data for addressed communication	F	4	AU, AS, IN	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A	M/B
7	Binary Acknowledgement	Acknowledgement of received addressed binary data	S	1	AU, AS, IN	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A	M/B
8	Binary broadcast 메시지	Binary data for broadcast communication	F	4	AU, AS, IN	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A	M/B
9	Standard SAR Aircraft Position Report	Position Report for airborne stations involved in SAR operations, only	F/S	1	AU, AS	SOTDMA, RATDMA, ITDMA	SOTDMA	M
10	UTC/Date inquiry	Request UTC and date	F/S	3	AU, AS, IN	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A	M/B
11	U T C / D a t e Response	Current UTC and date if available	F/S	3	AU, AS, IN	RATDMA, ITDMA	SOTDMA	M

12	Addressed Safety Related 메세지	Safety related data for addressed communication	F	2	AU, AS, IN	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A	M/B
13	Safety Related Acknowledgement	Acknowledgement of received addressed safety related 메세지	S	1	AU, AS, IN	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A	M/B
14	Safety Related broadcast 메세지	Safety related data for broadcast communication	F	2	AU, AS, IN	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A	M/B
15	Interrogation	Request for a specific 메세지 type (can result in multiple responses from one or several stations)	F	3	AU, AS, IN	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A	M/B
16	Assignment Mode Command	Assignment of a specific report behaviour by competent authority using a base station	F/S	1	AS	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A	B
17	DGNSS Broadcast Binary 메세지	DGNSS corrections provided by a basestation	F	2	AS	FATDMA, RATDMA, ITDMA	N/A	B
18	Standard Class B Equipment Position Report	Standard Position Report for Class B Shipborne Mobile Equipment to be used instead of 메세지s 1, 2, 3	F/S	1	AS	SOTDMA, ITDMA	SOTDMA, ITDMA	M
19	Extended Class B Equipment Position Report	Extended Position Report for Class B Shipborne Mobile Equipment;contains additional static information	F/S	1	AS	ITDMA	N/A	M
20	Data Link Management 메세지	Reserve slots for base station(s)	S	1	AS	FATDMA, RATDMA, ITDMA	N/A	B
21	Aids-to-Navigation Report	Position and Status Report for Aids-to-Navigation	F/S	1	AS	FATDMA, RATDMA, ITDMA	N/A	M/B
22	channel Management	Management of channels and transceiver modes by a base stations	S	1	AS	FATDMA, RATDMA, ITDMA	N/A	B

<부록 7> 6 비트 ASCII 표

<Appendix 7> Defined of 6-bit ASCII

6-bit ASCII				STANDARD ASCII 6-Bit ASCII			6-bit ASCII				STANDARD ASCII		
chr	Dec	Hex	Binary	Dec	Hex	Binary	chr	Dec	Hex	Binary	Dec	Hex	Binary
@	0	0x00	00 0000	64	0x40	0100 0000	Space	32	0x20	10 0000	32	0x40	0010 0000
A	1	0x01	00 0001	65	0x41	0100 0001	!	33	0x21	10 0001	33	0x41	0010 0001
B	2	0x02	00 0010	66	0x42	0100 0010	"	34	0x22	10 0010	34	0x42	0010 0010
C	3	0x03	00 0011	67	0x43	0100 0011	#	35	0x23	10 0011	35	0x43	0010 0011
D	4	0x04	00 0100	68	0x44	0100 0100	\$	36	0x24	10 0100	36	0x44	0010 0100
E	5	0x05	00 0101	69	0x45	0100 0101	%	37	0x25	10 0101	37	0x45	0010 0101
F	6	0x06	00 0110	70	0x46	0100 0110	&	38	0x26	10 0110	38	0x46	0010 0110
G	7	0x07	00 0111	71	0x47	0100 0111	'	39	0x27	10 0111	39	0x47	0010 0111
H	8	0x08	00 1000	72	0x48	0100 1000	(	40	0x28	10 1000	40	0x48	0010 1000
I	9	0x09	00 1001	73	0x49	0100 1001	)	41	0x29	10 1001	41	0x49	0010 1001
J	10	0x0A	00 1010	74	0x4A	0100 1010	*	42	0x2A	10 1010	42	0x4A	0010 1010
K	11	0x0B	00 1011	75	0x4B	0100 1011	+	43	0x2B	10 1011	43	0x4B	0010 1011
L	12	0x0C	00 1100	76	0x4C	0100 1100	,	44	0x2C	10 1100	44	0x4C	0010 1100
M	13	0x0D	00 1101	77	0x4D	0100 1101	-	45	0x2D	10 1101	45	0x4D	0010 1101
N	14	0x0E	00 1110	78	0x4E	0100 1110	.	46	0x2E	10 1110	46	0x4E	0010 1110
O	15	0x0F	00 1111	79	0x4F	0100 1111	/	47	0x2F	10 1111	47	0x4F	0010 1111
P	16	0x10	01 0000	80	0x50	0101 0000	0	48	0x30	11 0000	48	0x50	0011 0000
Q	17	0x11	01 0001	81	0x51	0101 0001	1	49	0x31	11 0001	49	0x51	0011 0001
R	18	0x12	01 0010	82	0x52	0101 0010	2	50	0x32	11 0010	50	0x52	0011 0010
S	19	0x13	01 0011	83	0x53	0101 0011	3	51	0x33	11 0011	51	0x53	0011 0011
T	20	0x14	01 0100	84	0x54	0101 0100	4	52	0x34	11 0100	52	0x54	0011 0100
U	21	0x15	01 0101	85	0x55	0101 0101	5	53	0x35	11 0101	53	0x55	0011 0101
V	22	0x16	01 0110	86	0x56	0101 0110	6	54	0x36	11 0110	54	0x56	0011 0110
W	23	0x17	01 0111	87	0x57	0101 0111	7	55	0x37	11 0111	55	0x57	0011 0111
X	24	0x18	01 1000	88	0x58	0101 1000	8	56	0x38	11 1000	56	0x58	0011 1000
Y	25	0x19	01 1001	89	0x59	0101 1001	9	57	0x39	11 1001	57	0x59	0011 1001
Z	26	0x1A	01 1010	90	0x5A	0101 1010	:	58	0x3A	11 1010	58	0x5A	0011 1010
[	27	0x1B	01 1011	91	0x5B	0101 1011	;	59	0x3B	11 1011	59	0x5B	0011 1011
\	28	0x1C	01 1100	92	0x5C	0101 1100	<	60	0x3C	11 1100	60	0x5C	0011 1100
]	29	0x1D	01 1101	93	0x5D	0101 1101	=	61	0x3D	11 1101	61	0x5D	0011 1101
^	30	0x1E	01 1110	94	0x5E	0101 1110	>	62	0x3E	11 1110	62	0x5E	0011 1110
-	31	0x1F	01 1111	95	0x5F	0101 1111	?	63	0x3F	11 1111	63	0x5F	0011 1111